

DOI 10.33952/2542-0720-2020-3-23-113-121

УДК 631.314.3

Камбулов С. И., Пархоменко Г. Г., Семенихина Ю. А., Божко И. В.
**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МУЛЬЧИРУЮЩИХ КАТКОВ В КОНСТРУКЦИИ
КОМБИНИРОВАННЫХ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ**

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»»

Реферат. В современных условиях существует необходимость принимать меры для предотвращения или уменьшения эрозии почвы, чтобы сохранить её продуктивность. Мерой снижения риска эрозии почвы является создание мульчирующего слоя на поверхности поля из растительных остатков. Цель исследования – разработать аналитически обоснованную конструкцию мульчирующего катка комбинированного почвообрабатывающего агрегата. Исследования проведены в отделе механизации растениеводства Аграрного научного центра «Донской» в 2017–2020 гг. Предмет исследования: взаимосвязь параметров и режимов функционирования мульчирующего катка с реологическими свойствами почвы (релаксация напряжений пласта). Проведено монографическое обследование известных конструкций, анализ их функционирования в полевых условиях и теоретическое исследование мульчирующих катков для комбинированных почвообрабатывающих агрегатов. Методика исследования заключалась в комплексном изучении сложной системы «почва – рабочий орган» как единого целого в процессе реального функционирования и развития. Установлено, что мульчирование способствует повышению запасов продуктивной влаги в почве. Использование мульчирующих катков в конструкции комбинированных агрегатов способствует уменьшению испарения, лучшему использованию осадков и сохранению влаги внутри пласта. При этом почва защищена от выдувания, что повышает устойчивость к ветровой эрозии. Получены зависимости, характеризующие взаимосвязь параметров и режимов работы мульчирующего катка со свойствами почвы. Разработана оригинальная конструкция и определены рациональные значения: радиуса – от 200 до 220 мм, угла установки режущих элементов – от 75 до 85 градусов и расстояния между ними в продольном направлении от 90 до 95 мм при глубине обработки почвы от 60 до 80 мм и скорости движения комбинированного агрегата от 2,0 до 2,5 м/с.

Ключевые слова: эрозия почвы, параметры и режимы работы, мульчирующий каток, рабочие органы, силовой анализ.

Введение

Известно, что из всех энергозатрат на возделывание культуры на обработку почвы расходуется 30–40 %. При этом техногенное и антропогенное воздействие являются основной причиной ускоренной эрозии почвы [1, 2]. Ускоренная эрозия почвы в основном обусловлена изменениями в землепользовании и значительно превышает темпы производства во многих сельскохозяйственных регионах [3, 4]. Современная парадигма природопользования (Sustainable Agriculture) в рамках принятых ООН целей устойчивого развития (Sustainable Development Goals) предусматривает удовлетворение потребностей человека без вреда для будущих поколений. Нерациональные способы обработки почвы приводят к деградации и потере плодородия. Необходимо принимать меры для предотвращения или уменьшения эрозии почвы, чтобы сохранить её продуктивность [5]. В подверженных эрозии регионах Европейского союза потери почвы составляют 2,46 т/га в год, что приводит к общему объёму 970 млн т в год [6]. На европейском уровне предприняты

усилия для содействия более экологически безопасной обработке почвы [7]. Исследователи разрабатывают методы сохранения почвы в регионах, подверженных эрозии. Так, разработанные модели для определения аэродинамических свойств эродированных частиц по альбедо позволяют проводить оценку ветровой эрозии почвы [8], поскольку сведения о роли пылевидных частиц в биогеохимическом круговороте очень ограничены, и нет количественной информации о ветровых потоках [9]. Мерой снижения риска эрозии почвы является создание мульчирующего слоя на поверхности поля из растительных остатков, что способствует повышению запасов продуктивной влаги в почве. Исследования показали, что свойства почвы под слоем мульчи улучшаются за счёт сокращения испарения, лучшего использования осадков, конденсации и сохранения влаги [10]. При этом почва защищена от выдувания, что повышает устойчивость к ветровой эрозии.

Для мульчирования поверхности почвы используют катки и ротационные бороны. У прутковых катков, оснащённых зубьями или шпорами, металлические полосы образуют поверхность катка, и могут быть установлены параллельно оси или под углом. К мульчирующим каткам с высоким качеством крошения относятся кембриджские катки, состоящие из гладкого плоского кольца с режущими гранями и свободно посаженного на его ступицу зубчатого диска, диаметр которого несколько превышает плоское кольцо. Высокое качество крошения характерно также для кроскильских катков, состоящих из зубчатых дисков с боковыми клиновидными выступами. Для мульчирования поверхности почвы пригодны также ротационные бороны, состоящие из гладких, вырезных, игольчатых дисков или звёзд с плоскими или коническими шипами (нотценовская борона). При создании мульчирующего слоя производят выравнивание поверхности почвы с помощью шлейф-волокуши с поставленной на ребро стальной ножевидной полосой, зубьями и иглами. Волокуша движется под углом к направлению гребней, при этом ножевидная стальная полоса срезает выступы гребней, зубья и иглы обеспечивают дополнительное крошение верхнего слоя и смещают почву в борозды. На поверхности образуется рыхлый мульчирующий слой, снижающий испарение почвенной влаги.

Комбинированный агрегат [11] содержит в конструкции каток с плоскими вырезными дисками и прутковый выравниватель поверхности почвы. Выравниватель [12] устраняет неровности поверхности почвы режущими ножами, формируя мульчирующий слой толщиной 4–6 см. Каток с укрепленными по его рабочей поверхности штифтовыми элементами создаёт качественно разрыхленный слой с замульчированной поверхностью [13].

Цель исследований – разработать аналитически обоснованную конструкцию мульчирующего катка комбинированного почвообрабатывающего агрегата.

Материалы и методы исследований

Исследования проведены в отделе механизации растениеводства ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»» в 2017–2020 гг. Объект исследования: технологический процесс мульчирования поверхностного слоя почвы рабочими органами катка. Предмет исследования: взаимосвязь параметров и режимов функционирования мульчирующего катка с реологическими свойствами почвы (релаксация напряжений пласта). По Мору установлена взаимосвязь между величинами напряжений при функционировании мульчирующего катка с учётом угла внутреннего трения почвы. Проанализирован силовой процесс взаимодействия мульчирующего катка с почвой. Проведено монографическое обследование известных конструкций, анализ их функционирования в полевых условиях и теоретические исследования мульчирующих катков для комбинированных

почвообрабатывающих агрегатов. Исследования заключались в комплексном изучении сложной системы «почва – рабочий орган» как единого целого в процессе реального функционирования и развития [2].

Результаты и их обсуждение

Под действием веса мульчирующего катка его рабочие органы (зубья, иглы, лопасти, ножи, шпоры, клиновидные выступы и прочие режущие элементы) проникают в массив почвы на глубину a .

Под действием тягового усилия трактора, агрегирующего почвообрабатывающий комбинированный агрегат, возникает противодействие в виде тягового сопротивления мульчирующего катка P_T , в результате которого он проворачивается вокруг точки D , вследствие чего возникают силы трения [14] F_1 и F_2 , приводящие к отрыву фрагмента пласта от массива. Фрагмент пласта с поперечным сечением в виде трапеции $ABCD$ вырывается по линиям наименьшего сопротивления. При этом в результате реакции на процесс отрыва фрагмента пласта возникают нормальные силы N_1, N_2 (рисунок 1).

Внутри фрагмента пласта возникают нормальные и касательные напряжения. При отрыве возникают деформации растяжения, под действием которых фрагмент пласта подвергается дополнительному крошению на более мелкие фракции.

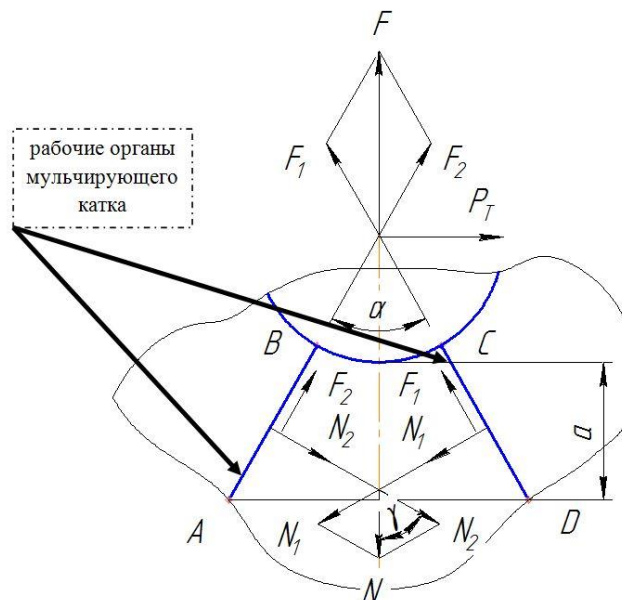


Рисунок 1 – Схема сил, действующих на рабочий орган мульчирующего катка

При сжатии уменьшается порозность и разрушаются не только связи между частицами почвы, но и структурные агрономически ценные агрегаты, результатом чего является неудовлетворительное качество крошения (большое количество пылевидных частиц в сочетании с крупными комками) [15, 16].

При растяжении происходит уменьшение касательных напряжений.

Поэтому конструкция предлагаемого мульчирующего катка предусматривает наличие рабочих органов, осуществляющих отрыв фрагмента пласта под действием деформаций растяжения по линиям наименьших связей. При этом крошение почвы мульчирующим катком осуществляется без дополнительных затрат энергии.

Отрыв фрагмента пласта рабочими органами мульчирующего катка под действием деформаций растяжения по линиям наименьших связей осуществляется при условии:

$$N < F \tag{1}$$

$$\frac{\sin \alpha - \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \varphi} \leq \cos \alpha + \sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (2)$$

$$\alpha < 2\varphi \quad (3)$$

Из анализа выражения (3) следует, что отрыв фрагмента пласта рабочими органами мульчирующего катка под действием деформаций растяжения по линиям наименьших связей при наименьших затратах энергии осуществляется при соответствующем выборе параметров рабочих органов (угла установки режущих элементов α) в зависимости от физико-механических свойств почвы (угла внешнего трения почвы о металл φ).

Мульчирующий каток представляет собой ротор, поэтому затраты энергии на обработку почвы пропорциональны траектории взаимодействия рабочих органов с почвой в продольном направлении образующейся при его вращении дуге, то есть длине дуги отрыва, определяемой параметрами (радиус) и режимами функционирования (глубина).

Траектория взаимодействия рабочих органов мульчирующего катка с почвой в продольном направлении представляет собой часть окружности с длиной дуги в 2α (рисунок 2):

$$\cup AA' = \pi \cdot R \cdot \frac{2\alpha}{180} = \pi \cdot R \cdot \frac{\alpha}{90} \quad (4)$$

Угол 2α определяет зону локального взаимодействия рабочих органов мульчирующего катка с почвой, a – глубина обработки почвы, R – радиус мульчирующего катка.

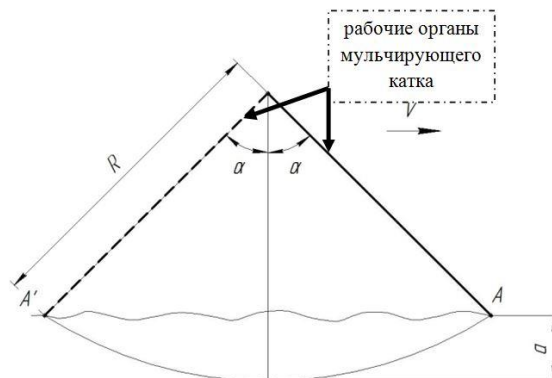


Рисунок 2 – Схема взаимодействия рабочих органов мульчирующего катка с почвой

Из анализа схемы взаимодействия рабочих органов мульчирующего катка с почвой (см. рисунок 2) следует:

$$\alpha = \arccos\left(\frac{R-a}{R}\right) \quad (5)$$

Определим длину дуги отрыва фрагмента пласта рабочими органами мульчирующего катка:

$$\cup AA' = \frac{\pi}{90} \cdot R \cdot \arccos\left(\frac{R-a}{R}\right) \quad (6)$$

Из анализа полученного выражения следует, что с увеличением глубины и радиуса мульчирующего катка длина отрыва фрагмента пласта рабочими органами увеличивается, следовательно, возрастают затраты энергии на обработку почвы.

Качество крошения мульчирующего катка определяется длительностью взаимодействия контакта рабочих органов с почвой. Рабочие органы взаимодействуют с почвой от точки A на схеме (см. рисунок 2) до точки A' . При этом мульчирующий каток проворачивается на угол 2α . Таким образом, длительность взаимодействия рабочих органов мульчирующего катка с почвой:

$$t = \frac{\pi}{90 \cdot V} \cdot R \cdot \arccos\left(\frac{R-a}{R}\right), \quad (7)$$

где V – скорость движения комбинированного агрегата, м/с.

Анализируя полученное соотношение (7), следует отметить, что увеличение скорости движения комбинированного агрегата приводит к уменьшению длительности взаимодействия рабочих органов мульчирующего катка с почвой.

С увеличением скорости комбинированного агрегата изменяется характер взаимодействия рабочих органов мульчирующего катка с почвой, трансформируясь в колебательный, с высокой частотой и вибрационный ударного действия. В этом случае длительность взаимодействия рабочих органов мульчирующего катка с почвой может стать меньше некоторого предела, определяемого длительностью релаксации напряжений. В период релаксации почва под действием потенциальной энергии деформаций восстанавливает равновесное состояние выравниванием напряжений. Длительность релаксации напряжений определяется соотношением упругих (модуль Юнга E) и вязких (коэффициент вязкости μ) свойств почвы.

Таким образом, должно соблюдаться условие:

$$t \geq T \quad (8)$$

В противном случае обработанный фон характеризуется повышенной гребнистостью, для выравнивания которого потребуются дополнительные затраты энергии.

$$\frac{\pi}{90 \cdot V} \cdot R \cdot \arccos\left(\frac{R-a}{R}\right) \geq \frac{\mu}{E} \quad (9)$$

Выражение (9) раскрывает взаимосвязь параметров и режимов функционирования мульчирующего катка с реологическими свойствами почвы (релаксация напряжений пласта).

В продольном направлении (вдоль оси катка) отрыв фрагмента пласта рабочими органами мульчирующего катка наблюдается по линиям наименьших связей, под углом естественного скола почвы C (рисунок 3).

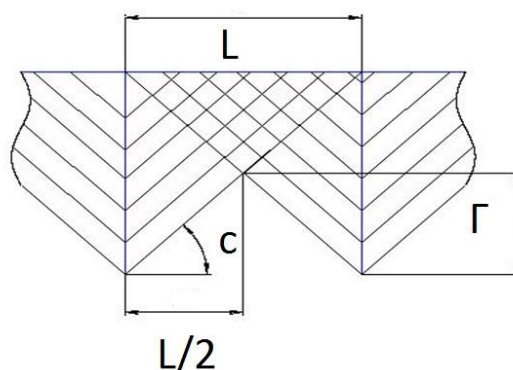


Рисунок 3 – Формирование гребнистого слоя рабочими органами мульчирующего катка

Для предотвращения сохранения атмосферной влаги на поверхности почвы и улучшения условий её проникновения вглубь пласта мульчирующий каток должен

формировать некоторый гребнистый слой, допускаемый агротехническими требованиями. На основании рисунка 3 следует вывод, что, получаемый в результате обработки почвы мульчирующим катком гребнистый слой (гребнистость Γ) зависит непосредственно от расстояния между рабочими органами в продольном направлении L .

$$L = \frac{2\Gamma}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (10)$$

На основании проведённых аналитических исследований в АНЦ «Донской» разработана конструкция комбинированного почвообрабатывающего агрегата, содержащего мульчирующий каток (рисунок 4).

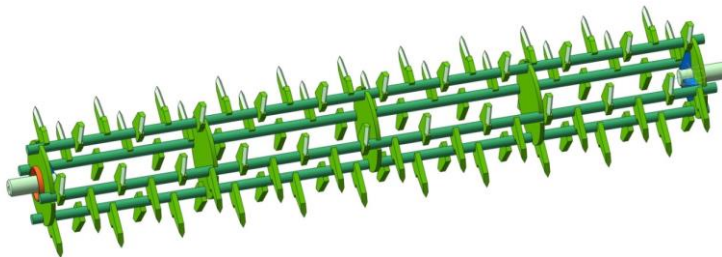


Рисунок 4 – Мульчирующий каток (разработчик – АНЦ «Донской»)

Прутки катка уменьшают вспушенность взрыхленного слоя, а приваренные к ним зубья образуют влаговпитывающий гребнистый слой на поверхности поля, при этом снижается интенсивность испарения за счёт пресечения преференциальных потоков влаги из пласта, созданного поверхностью поля с меньшей проницаемостью.

В результате расчёта по предложенным зависимостям определены следующие параметры и режимы работы мульчирующего катка: радиус $R = 200–220 \text{ мм}$; угол установки режущих элементов – $2\alpha = 75–85^\circ$; расстояние между ними в продольном направлении $L = 90–95 \text{ мм}$; глубина обработки почвы $a = 60–80 \text{ мм}$; скорость движения комбинированного агрегата $V = 2,0–2,5 \text{ м/с}$.

Результаты исследований комбинированного агрегата свидетельствуют о качественном выполнении технологического процесса.

Выводы

Получены зависимости, характеризующие взаимосвязь параметров и режимов работы мульчирующего катка со свойствами почвы, разработана оригинальная конструкция и определены рациональные значения: радиуса – 200–220 мм, угла установки режущих элементов – 75–85° и расстояния между ними в продольном направлении 90–95 мм при глубине обработки почвы 60–80 мм и скорости движения комбинированного агрегата 2,0–2,5 м/с.

Литература

1. Borrelli P., Robinson D. A., Fleischer L. R., Lugato E., Ballabio C., Alewell C., Meusburger K., Modugno S., Schütt B., Ferro V., Bagarello V., Oost K. V., Montanarella L., Panagos P. An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion // Nature Communications. 2017. Vol. 8. Art. No. 2013. DOI: 10.1038/s41467-017-02142-7.
2. Пархоменко Г. Г., Пархоменко С. Г. Экологически безопасная эксплуатация технических средств в условиях физической деградации почвы // Технический сервис машин. 2019. № 2 (135). С. 40–46.
3. Amundson R., Berhe A. A., Hопmans J. W., Olson C., Sztein A. E., Sparks D. L. Soil and human security in the 21st century // Science. 2015. Vol. 348. Iss. 6235. Art. No. 1261071. DOI: 10.1126/science.1261071.

4. Boardman J. Soil erosion science: reflections on the limitations of current approaches // *Catena*. 2006. Vol. 68. Iss. 2–3. P. 73–86. DOI: 10.1016/j.catena.2006.03.007.
5. Lugato E., Paustian K., Panagos P., Jones A., Borrelli P. Quantifying the erosion effect on current carbon budget of European agricultural soils at high spatial resolution // *Global Change Biology*. 2016. Vol. 22. Iss. 5. P. 1976–1984. DOI: 10.1111/gcb.13198.
6. Panagos P., Borrelli P., Poesen J., Ballabio C., Lugato E., Meusburger K., Montanarella L., Alewel C. The new assessment of soil loss by water erosion in Europe // *Environmental Science & Policy*. 2015. Vol. 54. P. 438–447. DOI: 10.1016/j.envsci.2015.08.012.
7. Borrelli P., Paustian K., Panagos P., Jones A., Schütt B., Lugato E. Effect of good agricultural and environmental conditions on erosion and soil organic carbon balance: a national case study // *Land Use Policy*. 2016. Vol. 50. P. 408–421. DOI: 10.1016/j.landusepol.2015.09.033.
8. Chappell A., Webb N. P. Using albedo to reform wind erosion modelling, mapping and monitoring // *Aeolian Research*. 2016. Vol. 23. P. 63–78. DOI: 10.1016/j.aeolia.2016.09.006.
9. Katra I., Gross A., Swet N., Tanner S., Krasnov H., Angert A. Substantial dust loss of bio available phosphorus from agricultural soils // *Scientific Reports*. 2016. Vol. 6. Art. No. 24736. DOI: 10.1038/srep24736.
10. Panagos P., Borrelli P., Meusburger K., Alewell C., Lugato E., Montanarella L. Estimating the soil erosion cover-management factor at the European scale // *Land Use Policy*. 2015. Vol. 48. P. 38–50. DOI: 10.1016/j.landusepol.2015.05.021.
11. Василенко В. В., Василенко С. В., Борзило В. С. Зона рыхления почвы культиваторной лапой // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. № 12 (4). С. 48–52. DOI: 10.22314/2073-7599-2018-12-4-48-52.
12. Абдулхаев Х. Г., Халилов М. М. Обоснование параметров ножей выравнивателя-рыхлителя // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2019. № 13 (3). С. 44–47. DOI: 10.22314/2073-7599-201913-3-44-47.
13. Савельев Ю. А., Кухарев О. Н., Ларюшин Н. П., Ишкин П. А., Добрынин Ю. М. Снижение потерь почвенной влаги на испарение // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. № 12 (1). С. 42–47. DOI: 10.22314/2073-7599-2018-12-1-42-47.
14. Chen C., Zhang L. M., Chang D. S. Stress-strain behavior of granular soils subjected to internal erosion // *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*. 2016. Vol. 142. Iss. 12. Art. No. 0001561. DOI: 10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0001561.
15. Chen L., Zhao J., Zhang H., Lei W. Experimental study on suffusion of gravelly soil // *Soil mechanics and foundation engineering*. 2015. Vol. 52. P. 135–143. DOI: 10.1007/s11204-015-9319-7.
16. Chen L., He J. J., Yao B. B., Lei C. W., Zhang Z. Influence of the initial relative density on the drained strength properties of soils subjected to internal erosion // *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. 2019. Vol. 56. P. 273–279. DOI: 10.1007/s11204-019-09602-w.

References

1. Borrelli P., Robinson D. A., Fleischer L. R., Lugato E., Ballabio C., Alewell C., Meusburger K., Modugno S., Schütt B., Ferro V., Bagarello V., Oost K. V., Montanarella L., Panagos P. An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion // *Nature Communications*. 2017. Vol. 8. Art. No. 2013. DOI: 10.1038/s41467-017-02142-7.
2. Parkhomenko G. G., Parkhomenko S. G. Ecologically safe operation of technical facilities in conditions of physical degradation of soil // *Machinery Technical Service*. 2019. No. 2 (135). P. 40–46.
3. Amundson R., Berhe A. A., Hopmans J. W., Olson C., Sztein A. E., Sparks D. L. Soil and human security in the 21st century // *Science*. 2015. Vol. 348. Iss. 6235. Art. No. 1261071. DOI: 10.1126/science.1261071.
4. Boardman J. Soil erosion science: reflections on the limitations of current approaches // *Catena*. 2006. Vol. 68. Iss. 2–3. P. 73–86. DOI: 10.1016/j.catena.2006.03.007.
5. Lugato E., Paustian K., Panagos P., Jones A., Borrelli P. Quantifying the erosion effect on current carbon budget of European agricultural soils at high spatial resolution // *Global Change Biology*. 2016. Vol. 22. Iss. 5. P. 1976–1984. DOI: 10.1111/gcb.13198.
6. Panagos P., Borrelli P., Poesen J., Ballabio C., Lugato E., Meusburger K., Montanarella L., Alewel C. The new assessment of soil loss by water erosion in Europe // *Environmental Science & Policy*. 2015. Vol. 54. P. 438–447. DOI: 10.1016/j.envsci.2015.08.012.
7. Borrelli P., Paustian K., Panagos P., Jones A., Schütt B., Lugato E. Effect of good agricultural and environmental conditions on erosion and soil organic carbon balance: a national case study // *Land Use Policy*. 2016. Vol. 50. P. 408–421. DOI: 10.1016/j.landusepol.2015.09.033.
8. Chappell A., Webb N. P. Using albedo to reform wind erosion modelling, mapping and monitoring // *Aeolian Research*. 2016. Vol. 23. P. 63–78. DOI: 10.1016/j.aeolia.2016.09.006.
9. Katra I., Gross A., Swet N., Tanner S., Krasnov H., Angert A. Substantial dust loss of bio

available phosphorus from agricultural soils // Scientific Reports. 2016. Vol. 6. Art. No. 24736. DOI: 10.1038/srep24736.

10. Panagos P., Borrelli P., Meusburger K., Alewell C., Lugato E., Montanarella L. Estimating the soil erosion cover-management factor at the European scale // Land Use Policy. 2015. Vol. 48. P. 38–50. DOI: 10.1016/j.landusepol.2015.05.021.

11. Vasilenko V. V., Vasilenko S. V., Borzilo V. S. Zone of soil loosening with cultivator sweeps // Agricultural Machinery and Technologies (Sel'skokhozyaistvennyye mashiny i tekhnologii). 2018. No. 12 (4). P. 48–52. DOI: 10.22314/2073-7599-2018-12-4-48-52.

12. Abdulkhaev H. G., Halilov M. M. Determining the parameters of leveler-ripper shanks // Agricultural Machinery and Technologies (Sel'skokhozyaistvennyye mashiny i tekhnologii). 2019. No. 13 (3). P. 44–47. DOI: 10.22314/2073-7599-201913-3-44-47.

13. Savelyev Yu. A., Kukharev O. N., Laryushin N. P., Ishkin P. A., Dobrynin Yu. M. Soil moisture loss reduction owing to evaporation // Agricultural Machinery and Technologies (Sel'skokhozyaistvennyye mashiny i tekhnologii). 2018. No. 12 (1). P. 42–47. DOI: 10.22314/2073-7599-2018-12-1-42-47.

14. Chen C., Zhang L. M., Chang D. S. Stress-strain behavior of granular soils subjected to internal erosion // Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. 2016. Vol. 142. Iss. 12. Art. No. 0001561. DOI: 10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0001561.

15. Chen L., Zhao J., Zhang H., Lei W. Experimental study on suffusion of gravelly soil // Soil Mechanics and Foundation Engineering. 2015. Vol. 52. P. 135–143. DOI: 10.1007/s11204-015-9319-7.

16. Chen L., He J. J., Yao B. B., Lei C. W., Zhang Z. Influence of the initial relative density on the drained strength properties of soils subjected to internal erosion // Soil Mechanics and Foundation Engineering. 2019. Vol. 56. P. 273–279 (2019). DOI: 10.1007/s11204-019-09602-w.

UDC 631.314.3

Kambulov S. I., Parkhomenko G. G., Semenikhina Yu. A., Bozhko I. V.

USE OF MULCHING ROLLERS DESIGNED FOR A COMBINED TILLAGE UNIT

Summary. *In modern conditions, there is a need to take measures to prevent or reduce soil erosion, as well as to preserve its productivity. One of the measures to reduce the risk of erosion is to create a mulch layer on the field surface using crop residues. The purpose of the study was to develop an analytically substantiated design of a mulching roller of a combined tillage machine. The research was carried out in the Department of mechanization of crop production of the Agricultural Research Center “Donskoy” in 2017–2020. The subject of the research – the relationship between the parameters and operation modes of the mulching roller and the rheological properties of soil (stress relaxation of the soil layer). We conducted monographic survey of the known structures, the analysis of their functioning in the field, and the theoretical studies of the mulching rollers for combined tillage machines. The research methodology included a comprehensive study of the complex system “soil – working body” as a whole during the real-time operation and development. It has been found that mulching increases the reserves of productive moisture in the soil. The use of mulching roller in the form of combined units helps to reduce evaporation, contributes to better use of precipitation and conservation of moisture within the soil layer. In this case, the soil is protected from the blowing, which increases resistance to wind erosion. Dependencies that characterize the relationship between the parameters and operating modes of the mulching roller with soil properties were obtained. The original design was developed and rational values of the radius within the range from 200 to 220 mm, as well as the setting angle of the cutting elements – 75 to 85 degrees, the distance between them in longitudinal direction – 90 to 95 mm, the depth of tillage – 60 to 80 mm, and the speed of the combined unit of movement – from 2.0 to 2.5 m/s, were defined.*

Keywords: *soil erosion, parameters and operating modes, mulching roller, working bodies, power analysis.*

Камбулов Сергей Иванович, доктор технических наук, главный научный сотрудник отдела механизации растениеводства, структурное подразделение «СКНИИМЭСХ», ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»; 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, 14; e-mail: kambulov.s@mail.ru.

Пархоменко Галина Геннадьевна, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела механизации растениеводства, структурное подразделение «СКНИИМЭСХ», ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»; 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, 14; e-mail: parkhomenko.galya@yandex.ru.

Семенихина Юлия Александровна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела механизации растениеводства, структурное подразделение «СКНИИМЭСХ», ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»; 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, 14; e-mail: semenikhina1982@mail.ru.

Божко Игорь Владимирович, кандидат технических наук, младший научный сотрудник отдела механизации растениеводства, структурное подразделение «СКНИИМЭСХ», ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»; 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, 14; e-mail: i.v.bozhko@mail.ru.

Kambulov Sergey Ivanovich, Dr. Sc. (Tech.), chief researcher of the Department of mechanization of crop production, structural unit North-Caucasian Scientific Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture, State Scientific Establishment “Agricultural research center “Donskoy” (SSE “ARC “Donskoy”); 14 Lenina str., Zernograd, Rostov Region, 347740, Russia; e-mail: kambulov.s@mail.ru.

Parkhomenko Galina Gennadiievna, Cand. Sc. (Tech.), leading scientific worker of the Department of mechanization of crop production, structural unit North-Caucasian Scientific Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture, State Scientific Establishment “Agricultural research center “Donskoy” (SSE “ARC “Donskoy”); 14 Lenina str., Zernograd, Rostov Region, 347740, Russia; e-mail: parkhomenko.galya@yandex.ru.

Semenikhina Yulia Aleksandrovna, Cand. Sc. (Tech.), scientific worker of the Department of mechanization of crop production, structural unit North-Caucasian Scientific Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture, State Scientific Establishment “Agricultural research center “Donskoy” (SSE “ARC “Donskoy”); 14 Lenina str., Zernograd, Rostov Region, 347740, Russia; e-mail: semenikhina1982@mail.ru.

Bozhko Igor Vladimirovich, Cand. Sc. (Tech.), junior researcher of the Department of mechanization of crop production, structural unit North-Caucasian Scientific Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture, State Scientific Establishment “Agricultural research center “Donskoy” (SSE “ARC “Donskoy”); 14 Lenina str., Zernograd, Rostov Region, 347740, Russia; e-mail: i.v.bozhko@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 20.01.2020.

Дата принятия к печати – 01.03.2020.