

УДК 631.171:631.43:631.31

UDC 631.171:631.43:631.31

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for agroindustrial complex (technical sciences)

КОМПОНОВКА КУЛЬТИВАТОРНЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПО ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ АНАЛОГИИ

ARRANGEMENT OF CULTIVATOR WORKING BODIES ACCORDING TO HYDRODYNAMIC ANALOGY

Пархоменко Галина Геннадьевна
канд. техн. наук

РИНЦ SPIN-код: 6048-2834

parkhomenko.galya@yandex.ru

Аграрный научный центр «Донской», г. Зерноград, Россия

Parkhomenko Galina Gennadievna
Candidate of Technical Sciences

RSCI SPIN code: 6048-2834

parkhomenko.galya@yandex.ru

Agrarian Scientific Center "Donskoy", Zernograd, Russia

Камбулов Сергей Иванович
д-р техн. наук, профессор
РИНЦ SPIN-код: 3854-2942

kambulov.s@mail.ru

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия

Аграрный научный центр «Донской», г. Зерноград, Россия

Kambulov Sergey Ivanovich
Doctor of Technical Sciences, assistant professor
RSCI SPIN-code: 3854-2942

kambulov.s@mail.ru

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

Agrarian Research Center "Donskoy", Zernograd, Russia

Хозяев Игорь Алексеевич
д-р. техн. наук, профессор
РИНЦ SPIN-код: 3033-8771

Igor.Khozyaev@mail.ru

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия

Khozyaev Igor Alekseevich
Doctor of Technical Sciences, Professor
RSCI SPIN code: 3033-8771

Igor.Khozyaev@mail.ru

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

Полушкин Олег Алексеевич
д-р техн. наук, профессор
99@gmail.com

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия

Polushkin Oleg Alekseevich
Doctor of Technical Sciences, professor
99@gmail.com

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

Арженовский Алексей Григорьевич
д-р. техн. наук, доцент
РИНЦ SPIN-код: 5549-4841

argenowski@mail.ru

Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет», г. Зерноград, Россия

Arzhenovsky Alexey Grigoryevich
Doctor of Technical Sciences, associate Professor
RSCI SPIN code: 5549-4841

argenowski@mail.ru

Azov-Black Sea Engineering Institute – Branch of the Don State Agrarian University, Zernograd, Russia

По аналогии с гидродинамическими процессами, при обработке почвы рабочими органами «скат» рассматривается равновесное состояние потока жидкости в трубе, который приобретает верхний разрушенный слой почвы при постоянной скорости культиватора. Цель работы: осуществить расстановку рабочих органов на раме. В структуре общей длительности процесса обработки почвы рабочим органом «скат» сокращение переходного процесса способствует увеличению установившегося при оптимизации формы рабочего органа «скат». Для обеспечения перекрытия рабочих органов «скат» целесообразно

By analogy with hydrodynamic processes, when cultivating the soil with the working bodies of the “scat”, the equilibrium state of the fluid flow in the pipe is considered, which acquires the upper destroyed soil layer at a constant speed of the cultivator. Purpose of work: to realize the arrangement of working bodies on the frame. In the structure of the total duration of the process of soil cultivation with the working organ “scat”, the reduction of the transitional process contributes to the increase of the steady-state process when optimizing she shape of the working organ “scat”. To ensure the overlap of the working bodies of the “scat”, it is advisable to place them on the frame at

их расположить на раме под углом к направлению движения агрегата, по стрелообразной схеме. При расстановке рабочих органов «скат» на раме культиватора необходимо обеспечить перекрытие рабочих органов в поперечном направлении. При расстановке в продольном направлении рабочих органов «скат» следует предусмотреть достаточную величину расстояния в продольном направлении для обеспечения покрытия зоны деформации межстоечного пространства. Получены соотношения, раскрывающие взаимосвязь параметров расстановки рабочего органа «скат» на раме культиватора с физико-механическими свойствами, характеризующимися трением почвы. Расстановка рабочих органов «скат» на раме составляет в поперечном и продольном направлении 0,35-0,40 м и не менее 0,50 м соответственно

Ключевые слова: РАБОЧИЙ ОРГАН «СКАТ», ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА, ОБРАБОТКА ПОЧВЫ, СТРЕЛООБРАЗНАЯ СХЕМА, КУЛЬТИВАТОР

an angle to the direction of movement of the unit, according to the arrow-shaped scheme. When placing the working bodies of the “scat” on the cultivator frame, it is necessary to ensure the overlap of the working bodies in the transverse direction. When placing the working bodies of the “scat” in the longitudinal direction, a sufficient distance in the longitudinal direction should be provided to ensure coverage of the deformation zone of the interstellar space. The relations revealing the interrelation of the parameters of the arrangement of the working body “scat” on the cultivator frame with the physical and mechanical properties characterized by soil friction are obtained. The arrangement of the working bodies of the “scat” on the frame is in the transverse and longitudinal direction 0.35-0.40 m and not less than 0.50 m, respectively.

Keywords: WORKING BODY "SCAT", HYDRODYNAMIC TREATMENT, TILLAGE, ARROW-SHAPED SCHEME, CULTIVATOR

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-193-027>

Введение

Обработка почвы играет важную роль в сельском хозяйстве и имеет большое значение в условиях интенсивного земледелия. Она способствует повышению эффективности других агрономических мероприятий: внесение удобрений, посевные работы и прочее. Правильная обработка почвы оказывает существенное влияние на урожайность возделываемых культур при каждом севообороте и способствует повышению плодородия почвы. Для этого необходимо совершенствовать существующие машины и агрегаты, а также создавать новые.

Процесс обработки почвы позволяет подготовить ее к посеву, повысить водную и воздушную проницаемость почвенной среды, уничтожить сорные растения и остатки корневой системы предшественника, что в свою очередь способствует повышению уровня прорастания семян и получению хороших всходов и высокого урожая.

Новые исследования показывают, что применение современных технологий, таких как использование специальных машин и точное

<http://ej.kubagro.ru/2023/09/pdf/27.pdf>

определение оптимального времени и глубины обработки, может значительно улучшить результаты обработки почвы. Например, применение системы глубокого рыхления с использованием специальных рыхлителей позволяет достичь более глубокого проникновения в почву и улучшить ее структуру.

Кроме того, современные методы обработки почвы учитывают экологические аспекты, например, минимизацию использования пестицидов и химических удобрений, а также сохранение естественной биологической активности почвы. Это способствует устойчивому развитию сельского хозяйства и сохранению окружающей среды.

Таким образом, обработка почвы играет ключевую роль в сельском хозяйстве, и ее значимость трудно переоценить. Современные методы и технологии обработки почвы позволяют повысить эффективность сельскохозяйственных мероприятий, улучшить качество почвы и обеспечить устойчивое развитие сельского хозяйства.

Существует поверхностная и глубокая обработка почвы. Поверхностная обработка предполагает рыхление почвы на глубину до 16 см и разрушение верхнего уплотненного слоя. Глубокая обработка почвы (более 25 см) проводится с целью предотвращения водной эрозии и увеличения глубины пахотного слоя. Поверхностная обработка почвы используется ежегодно и повышение ее качества является актуальным направлением исследования.

При поверхностной обработке почвы обычно изучаются перемещения рабочего органа в разрушенном верхнем слое почвы при неизменной скорости культиватора, независимо от переходных процессов разгона и торможения трактора в начале и конце гона. Иными словами, говоря, по аналогии с гидродинамическими процессами, рассматривается равновесное состояние потока жидкости в трубе, который приобретает верхний разрушенный слой почвы при постоянной скорости культиватора.

Поскольку отсутствует изменение скорости культиватора во времени, поток разрушенного верхнего слоя почвы принято считать установившемся. При выборе соответствующих значений средней скорости культиватора обеспечивается её постоянство в заданном интервале времени, турбулентный режим движения разрушенного верхнего слоя почвы можно рассматривать как установившийся поток.

При исследовании процесса движения рабочего органа культиватора следует учитывать различие структуры потоков жидкости и разрушенного верхнего слоя почвы. Однако если учитывать периодичность повторения основных режимов потока разрушенного верхнего слоя почвы и случайный характер отклонений при их возникновении, возможно применение гидродинамической аналогии в части исследования движения рабочего органа культиватора в виде повторяющегося периодического процесса, происходящего в установившемся турбулентном потоке жидкости.

Переходной процесс возникает в начале взаимодействия рабочего органа культиватора с почвой и далее устанавливается по мере постоянного схода пласта, подвернутого крошению, т.е. при его полном проникновении на заданную глубину.

При возникновении регулярной периодичности постоянного схода пласта, подвернутого крошению с поверхности рабочего органа культиватора, процесс поверхностной обработки почвы становится стационарным по аналогии с равновесным состоянием потока в гидродинамике.

При уменьшении длительности подъёма почвы в начале взаимодействия с рабочим органом культиватора, его длины и толщины пласта при его полном проникновении на заданную глубину переходный процесс может быть сокращен.

В структуре общей длительности процесса поверхностной обработки почвы сокращение переходного процесса способствует увеличению установившегося. Сокращение переходного процесса может быть осуществлено при оптимизации формы рабочего органа культиватора.

Разработке конструкции рабочего органа культиватора с изменяемыми параметрами посвящено большое количество работ [1-3].

Авторами [1] обоснована конструкция рабочего органа культиватора с переменными углами крошения и установки режущей кромки ко дну борозды.

Авторами [2] предлагаются конструкции рабочих органов культиватора в виде криволинейных стрелчатых лап, спроектированных по принципу обтекаемости по аналогии на основе бионического формообразования.

Разработке и исследованию рабочих органов на основе бионического формообразования посвящены работы авторов.

Многие авторы [3] в своих работах уделили внимание взаимодействию рабочего органа с почвой и засушливых условиях, ресурсо-, влагосбережению.

Материалы и методы

С учётом теоретических предпосылок и экспериментальных данных в отделе механизации растениеводства АНЦ «Донской» по гидродинамической аналогии разработан рабочий орган «скат» с криволинейными поверхностями повышенной обтекаемости для поверхностной обработки почвы обеспечивающий рост производительности культиваторного агрегата за счёт функционирования при высокой скорости (рисунок 1).



Рисунок 1 – Рабочий орган лапы культиватора «скат» для поверхностной обработки почвы

Результаты и обсуждения

При монтаже важно следить за тем, чтобы рабочие органы на раме культиватора были правильно совмещены и перекрывали друг друга в поперечном направлении. Это позволит избежать ошибок при сплошной поверхностной обработке почвы и эффективно устранил сорную растительность при скольжении и резании «скат». Помимо этого, перекрытие рабочих органов «скат» необходимо в случае изменения направления движения культиватора от прямолинейного. Изменение направления движения культиватора можно охарактеризовать углом ϖ , который определяется в зависимости от расстановки рабочих органов «скат» в продольном направлении L с учётом ширины перекрытия Δ (рисунок 2) по формуле:

$$\operatorname{tg}\varpi = \frac{\Delta}{L} \quad (1)$$

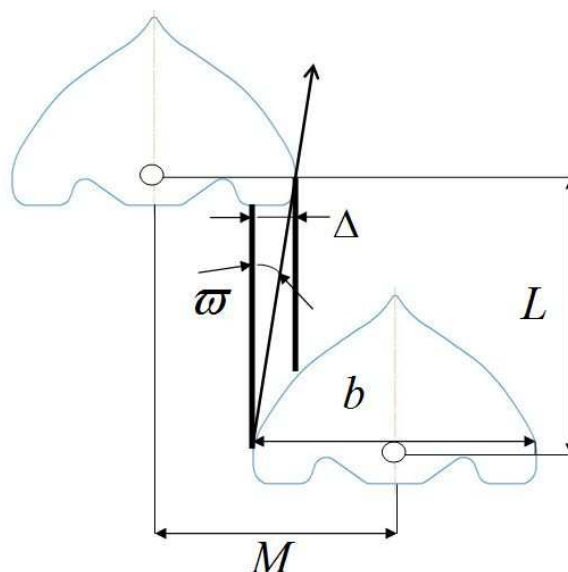


Рисунок 2 – Перекрытие рабочих органов «скат» на раме культиватора

Необходимо также учитывать при выборе величины перекрытия возникновение дополнительной степени свободы при шарнирном по сравнению с жёстким креплением рабочих органов «скат» к раме культиватора.

Размер M представляет собой расстояние между стойками рабочих органов в поперечном направлении (рисунок 2), определяется с учётом перекрытия Δ .

Для обеспечения перекрытия рабочих органов «скат» целесообразно их расположить на бруске рамы культиватора, установленным под углом к направлению движения агрегата, по стрелообразной схеме (рисунок 3). Подобная схема размещения позволяет обеспечить условие полублокированного резания при поверхностной обработке почвы, что окажет положительное влияние на энергоёмкость процесса.

Само определение полублокированного резания свидетельствует о снижении сопротивления почвы, действующего на рабочий орган «скат», поскольку он функционирует в частично разрушенной почве. Процесс блокированного резания и наибольшее сопротивление почвы наблюдается

только у первого по направлению движения рабочего органа «скат», расположенного в основании стрелы рамы культиватора.

Расстояние между стойками рабочих органов «скат» в продольном направлении при стрелообразной схеме размещения определяется по формуле:

$$L = M \cdot \operatorname{ctg} \frac{\theta}{2} \quad (2)$$

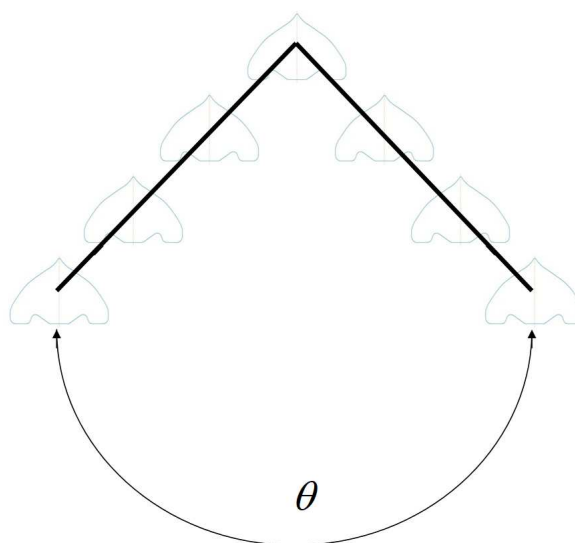


Рисунок 3 – Стрелообразная схема размещения рабочих органов «скат»

При расстановке в продольном направлении рабочих органов «скат» следует предусмотреть достаточную величину расстояния в продольном направлении L для обеспечения покрытия зоны деформации межстоечного пространства (рисунок 4).

Иными словами, говоря, зона деформации почвы расположенного сзади рабочего органа «скат» не должна распространяться до стойки соседнего переднего относительно направления движения, т.е. должно выполняться условие (рисунок 4):

$$L \geq l' + l'' \geq \operatorname{atg} \psi + l' \geq \operatorname{atg} \frac{\beta + \varphi + \rho}{2} + l' \quad (3)$$

где l' – конструктивный параметр, характеризующий продольный размер (длину) рабочего органа «скат» (вылет стойки) в проекции на продольно-горизонтальную плоскость, м;

l'' – зона деформации почвы в продольном направлении, м;

$\beta, \varphi, \rho, \psi$ – углы соответственно крошения, внешнего и внутреннего трения, сдвига (скола) почвы, град.

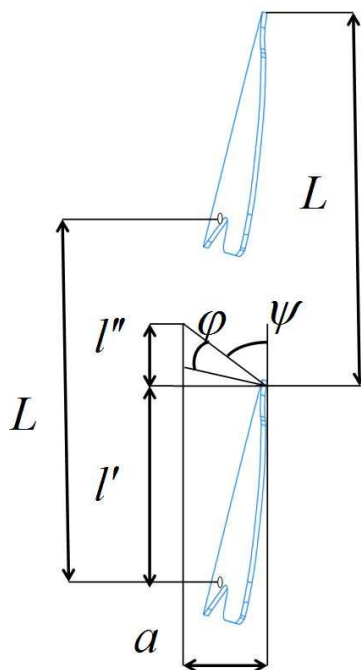


Рисунок 4 – Определение зоны деформации почвы перед рабочим органом в продольном направлении

Расчёты показали, что при поверхностной обработке почвы, представленной чернозёмом обыкновенным слабогумусным мощным легкоглинистым на лессовидных глинах, осуществляемой рабочим органом «скат» с длиной 0,30 м и шириной 0,45 м, расстановка в поперечном и продольном и направлении составляет 0,35-0,40 м и не менее 0,50 м соответственно.

Выводы

1. По аналогии с гидродинамическими процессами, при поверхностной обработке почвы рассматривается равновесное состояние

потока жидкости в трубе, который приобретает верхний разрушенный слой почвы при постоянной скорости культиватора.

2. Получены соотношения, раскрывающие взаимосвязь параметров расстановки рабочего органа «скат» на раме культиватора с физико-механическими свойствами, характеризующимися трением почвы.

3. Расстановка рабочих органов «скат» на раме культиватора осуществляется по стрелообразной схеме и составляет в поперечном и продольном направлении 0,35-0,40 м и не менее 0,50 м соответственно.

Литература

1. Бабицкий Л.Ф. и др. Бионическое обоснование конструкции упругих рабочих органов культиватора-плоскореза // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды, 2016. №6(169).

2. Макаренко А.Н. и др. К обоснованию формы рабочей поверхности культиваторной лапы // Актуальные проблемы агроинженерии и пути их решения. – Майский: ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2018. – С. 94-99.

3. Mairghany M. et al. Rotary tillage effects on some selected physical properties of fine textured soil in wetland rice cultivation in Malaysia. Soil and Tillage Research, 2019. - 194, 104318.

References

1. Babickij L.F. i dr. Bionicheskoe obosnovanie konstrukcii uprugih rabochih organov kul'tivatora-ploskoreza // Izvestija sel'skhozajstvennoj nauki Tavridy, 2016. №6(169).

2. Makarenko A.N. i dr. K obosnovaniju formy rabochej poverhnosti kul'tivatornoj lapy // Aktual'nye problemy agroinzhenerii i puti ih reshenija. – Majskij: FGBOU VO Belgorodskij GAU, 2018. – S. 94-99.

3. Mairghany M. et al. Rotary tillage effects on some selected physical properties of fine textured soil in wetland rice cultivation in Malaysia. Soil and Tillage Research, 2019. - 194, 104318.