

К ОБОСНОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ ПРИКАТЫВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА КОМБИНИРОВАННОГО ОРУДИЯ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ПОДГОТОВКИ ПОЧВ

SUBSTANTIATION OF CHARACTERISTICS OF COMBINED ROLLING EQUIPMENT TO PREPARE GROUND FOR PRE SEEDING WORK

Doctor of Technical sciences, professor Gribanovsky A.¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Rzaliyev A.², Assist. doctoral PhD Bekmukhametov Sh.³.

Laboratory of mechanization on crop cultivation^{1,2,3} – Kazakh Scientific Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture, Almaty, Kazakhstan, Faculty of Engineering^{2,3} – Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan
E-mail: rzaliyev@mail.ru, shabdenkz@mail.ru

Abstract: In the Article which analyses advantages and disadvantages of the different types of road rollers which are used in combined ground treatment tools and seeding machinery has been chosen the most perspective crumbler. Relying on researched results in finding rollers to be accepted the most reasonable characteristics for manufacturing of a model and experimental determination of its appropriate rate.

KEYWORDS: AGGREGATE, SOIL, PROCESSING, COMPACTING, PARAMETERS

1. Введение

Предпосевная подготовка почвы осуществляется с целью рыхления (крошения), выравнивания поверхности поля, прикатывания, создания требуемого сложения и строения обрабатываемого слоя почвы.

Многообразие задач при предпосевной подготовке почвы требует наличия большого количества разнообразных однооперационных почвообрабатывающих орудий с различными типами рабочих органов, возможность применения которых определяется конкретными почвенно-климатическими условиями и исходным состоянием почвы. Все это требует дополнительных затрат на их приобретение и обслуживание. Поэтому целесообразно применять многофункциональные машины, выполняющие различные технологические операции за один проход, что позволит исключить многократные проходы агрегата по полю, снизить расход горючего и время на холостые проезды, сократить разрыв во времени между предпосевной подготовкой почвы и посевом.

Применяемые в производстве комбинированные орудия для предпосевной подготовки почвы не во всех почвенно-климатических условиях удовлетворяют агротехническим требованиям, поскольку они не имеют возможность изменять технологические параметры в зависимости от типа почвы и ее физического состояния на момент обработки.

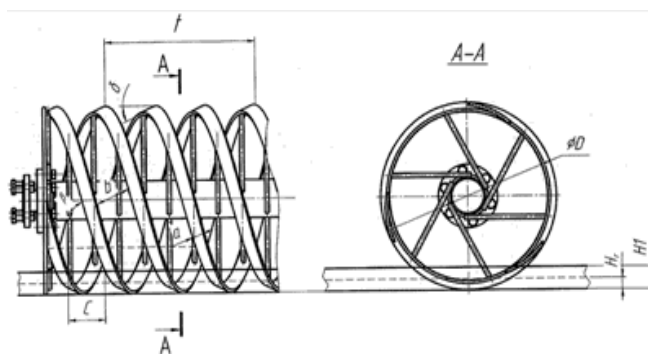
Практика применения комбинированных машин для предпосевной подготовки почвы показывает, что установленные на них рабочие органы для рыхления почвы работают удовлетворительно в различных почвенно-климатических условиях, а прикатывающие устройства имеют существенные недостатки – работают удовлетворительно только в определенных условиях, не обеспечивают необходимую плотность почвы в слое залегания семян и ниже, склонны к залипанию почвой. Объясняется это тем, что прикатывающие устройства комбинированных машин для предпосевной подготовки почвы должны выполнять несколько функций – крошить комки, лежащие на поверхности поля после прохода рыхлящих рабочих органов, уплотнить почву на глубине залегания семян и выравнивать поверхность поля. Это предопределяет необходимость выбора из многочисленных типов катков наиболее перспективного и обоснования его параметров.

Каток комбинированного почвообрабатывающего агрегата, патент № 2360390 64, состоящий из чередующихся по ширине захвата катка клиновидных и зубчатых дисков [1]. Осуществляет подповерхностное уплотнение и поверхностное рыхление почвы. Однако диски с клиновидными деформаторами комки вдавливают в почву, а большое

расстояние между зубчатыми дисками не позволяет осуществлять мелкокомковатое крошение.

Каток комбинированного почвообрабатывающего агрегата, патент № 2360390 103, состоящий из рамки, на которую установлен пустотелый цилиндр для заполнения водой. Изменяя количество воды в цилиндре, меняют удельное давление катка на почву [2]. Недостатком его является уплотнение как подповерхностного, так и поверхностного слоев почвы. Часть комков почвы не разрушается, а вдавливается в почву.

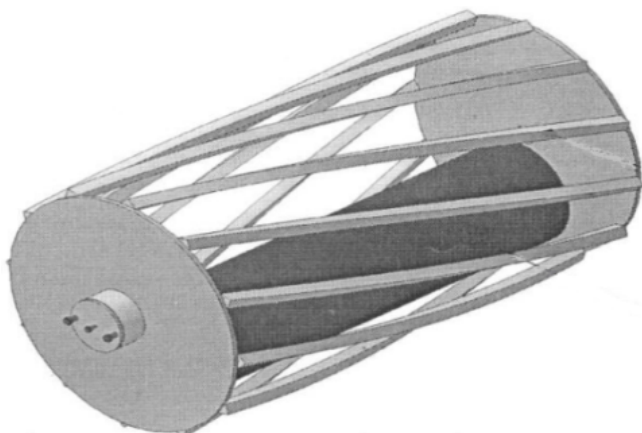
Почвообрабатывающий каток (RU №2391804), содержащий (фиг. 1) поперечный брус, соединенный с рамой, на котором закреплены брусья с отверстиями с возможностью регулирования угла атаки катка направлению движения орудия. На нижних концах поводков посредством цапф установлены валы катков, причем поводки соединены посредством пружины с брусьями катков и регулировочными винтовыми тягами. На осях катков смонтированы спицы, на концах которых закреплены винтовые полосы. Винтовые полосы смонтированы под углом к цилиндрической поверхности катка. Недостатком такого катка является ступенчатость их расположения, которая усложняет соединение с рамой орудия.



Фиг. 1. Почвообрабатывающий каток (RU №2391804)

Почвообрабатывающий каток (Каток комбинированного почвообрабатывающего агрегата // Патент РФ 2360390. - Оpubл. 10.07.2009 г.), включающий (фиг.2) пустотелый цилиндр с равномерно расположенными по окружности вертикальных дисков ребрами квадратного сечения, расположенными по винтовой линии. В пространстве пустотелого цилиндра размещен гладкий цилиндр с возможностью свободного перекатывания по его внутренней поверхности. Однако такое устройство имеет ряд недостатков - низкое качество обработки почвы, поскольку при попадании

твердых почвенных включений и растительных остатков между торцовыми дисками гладкого цилиндра и вертикальными дисками пруткового катка или между образующей гладкого цилиндра и ребрами катка, возникает перекос внутреннего цилиндра и его заклинивание.



Фиг. 2. Общий вид катка комбинированного почвообрабатывающего агрегата Патент (РФ 2360390)

Каток кольчато-шпоровый типа ЗККШ-6М, выполненный (фиг.3) из набора дисков, насаженных на ось, которые с целью повышения качества обработки почвы по ободу имеют зигзагообразные пальцы [3]. К недостаткам такого рабочего органа относятся: необходимость определенного периода времени после предшествующей операции (культивация) для завядания подрезанных корнеотпрысковых сорняков; для регулировки давления на почву требуется устанавливать дополнительный груз.



Фиг. 3. Каток кольчато-шпоровый типа ЗККШ-6М

2. Результаты и дискуссия

Указанные выше недостатки рассмотренных конструкций катков не позволяют выбрать из них наиболее перспективный для прикатывающего устройства комбинированных машин для предпосевной подготовки почвы.

Учитывая, что комбинированная машина для предпосевной подготовки почвы является многофункциональной целесообразно провести анализ результатов исследований по обоснованию параметров катков применяемых в сеялках, выполняющих одновременно предпосевное рыхление почвы, посев и послепосевное прикатывание [4,5,6].

Исследованиями технологического процесса прикатывания почвы каточками сеялок-культиваторов установлено следующее [4].

Плотность чернозема (ρ) в лабораторных условиях находится в прямой зависимости от величины ее усадки (h) и описывается зависимостью

$$(1) \rho = \rho_0 + f \cdot h,$$

где ρ_0 – плотность почвы до усадки, f – коэффициент, отражающий свойства почвы, h – величина усадки (см).

Экспериментально определены для чернозема значения ρ_0 и f для расчета плотности (усадки) почвы (таблица 1).

Таблица 1 - Значения ρ_0 и f для расчета плотности (усадки) почвы

Влажность почвы (чернозем)	Предварительная плотность почвы (г/см ³)	Значения коэффициентов	
		ρ_0 , (г/см ³)	f , (г/см ⁴)
19%	0.7	0.795	$4.32 \cdot 10^{-3}$
	0.9	0.887	$4.07 \cdot 10^{-3}$
	1.1	1.095	$4.22 \cdot 10^{-3}$
23.3%	0.7	0.654	$4.85 \cdot 10^{-3}$
	0.9	0.871	$4.05 \cdot 10^{-3}$
	1.1	1.112	$4.13 \cdot 10^{-3}$

Поскольку деформация (уплотнение) почвы происходит во времени, то полная величина желаемой усадки (уплотнения) будет иметь место лишь в том случае, если время контакта с почвой деформатора равно или больше времени, необходимого для получения этой усадки. Предложена формула для определения времени контакта деформатора катка

$$(2) t_k = \frac{\alpha \pi D}{360 \cdot \vartheta_n},$$

где α – угол контакта, D – диаметр катка, ϑ_n – скорость агрегата

Экспериментально определено, что $t_k > t$, где t – необходимое время на усадку чернозема при влажности 19-29% и поверхностном давлении на деформатор 0.1 ± 1.0 кгс/см² необходимое время на усадку $t = 0.08 \div 0.20$ секунд.

Необходимая плотность для чернозема 0.98-1.12 г/см³ может быть получена при поверхностной нагрузке на деформатор катка 0.6-0.9 кгс/см². При этом время контакта должно быть 0.15-0.16 секунд.

Рекомендуемые параметры:

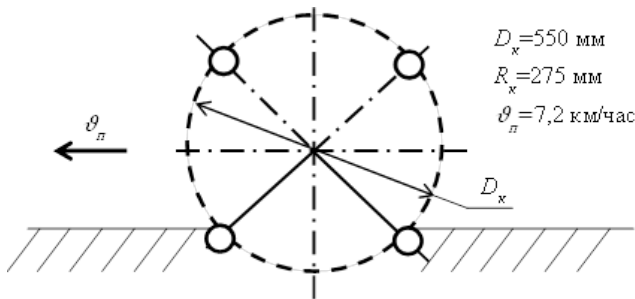
- диаметр катка 450-550 мм;
- ширина обода деформатора не менее 40 мм со сферической (каплевидной формой рабочей поверхности).

Зависимость (2) может быть использована при определении времени контакта прутка катка, например, при 10, 14 и 18 прутках и диаметре катка 550 мм. Примем поступательную скорость агрегата $\vartheta_n = 7.2$ км/ч (2 м/с). Определим угол контакта прутка, т.е. угол сектора от входа прутка в почву до его выхода из почвы $\alpha_1 = 360/10 = 36^\circ$, $\alpha_2 = 360/14 = 25.7^\circ$, $\alpha_3 = 360/18 = 20^\circ$, тогда

$$t_{k_1} = \frac{36 \cdot 3.14 \cdot 0.55}{360 \cdot 2} = 0.09 \text{ с}, \quad t_{k_2} = \frac{25.7 \cdot 3.14 \cdot 0.55}{360 \cdot 2} = 0.06 \text{ с},$$

$$t_{k_3} = \frac{20 \cdot 3.14 \cdot 0.55}{360 \cdot 2} = 0.05 \text{ с}.$$

В принципе наиболее приемлем и другой более общий принцип расчета времени контакта прутка катка с почвой. Примем диаметр катка равным 550 мм, поступательную скорость агрегата 7.2 км/ч (2 м/с), а количество прутков 10, 14 и 18 (фиг. 4).



Фиг. 4. К расчёту времени контакта прутка катка с почвой

Угловая скорость кольца $\omega = \pi n / 30$, где n – число оборотов катка в минуту. Определим длину окружности наружного кольца катка $l = 2\pi R = 2 \cdot 3.14 \cdot 275 = 1727 \text{ мм} \approx 1.727 \text{ м}$.

При $v_n = 2 \text{ м/с}$ путь кольца катка будет равен 2 метрам. Тогда $n = 2 / 1.727 = 1.16 \text{ с}^{-1}$ или 69.48 мин^{-1} . Поэтому $\omega = (3.14 \cdot 69.48) / 30$, а окружная скорость $v_{окр} = \omega \cdot R_k = 7.27 \cdot 0.275 = 1.999 \text{ м/с}$.

Время контакта прутка на 2 метрах пути $t_k = 2 / 1.999 \approx 1 \text{ с}$.

При 10, 14 и 18 прутках время контакта каждого прутка (от входа в почву до выхода из нее) будет $1/10 = 0.1 \text{ с}$, $1/14 = 0.07 \text{ с}$, $1/18 = 0.056 \text{ с}$, т.е. для условий чернозема Северного Казахстана этого t_k мало, поскольку $0.056 - 0.1 \text{ с}$ меньше необходимого $0.15 - 0.16 \text{ с}$. Поэтому в этом случае нужно снижать скорость агрегата или увеличивать нагрузку на деформатор.

Разница в расчетах по двум способам небольшая, т.е. можно использовать для расчета тот или иной метод.

Желательно по методике, изложенной в работе [4] определить для наших условий зависимость плотности почвы от величины усадки в лабораторных условиях. Иначе трудно будет давать технологическую оценку вариантам прикатывающих катков.

Для дисковых катков для уплотнения почв в условиях Западной Сибири [5] рекомендуется деформатор каплеобразной формы, т.е. близок к окружности. В этом случае ширина уплотненного ядра $T = 2.4 \cdot b$, где b ширина обода диска (диаметр прутка, кольца). В зоне уплотненного ядра плотность почвы в 1.4-1.5 раза больше, а нижние слои уплотняются уже этим ядром.

От ширины уплотненного ядра, при условии сплошного прикатывания в слое залегания семян, зависит и расстояние между деформаторами $l = k \cdot T$, где k коэффициент перекрытия и равен 0.9. При $b = 28 \div 30 \text{ мм}$ $l \approx 60 \div 80 \text{ мм}$. Однако в этом случае есть большая вероятность забивания катка почвой.

Оптимальное уплотнение почвы достигается при нагрузке на один деформатор 64-72 кгс. (8-10 кгс на 1 см захвата катка). Это для средне- и тяжелосуглинистых обыкновенных черноземов при их влажности $W = 22-24\%$. На легких почвах давление целесообразно увеличивать до 80 кгс на один диск.

Примем $l_1 = 60 \text{ мм}$, $l_2 = 80 \text{ мм}$ и $l_3 = 100 \text{ мм}$, т.е. расстояние между кольцами катка, обеспечивающие сплошное уплотнение почвы в зоне залегания семян и работоспособность катка без забивания. По указанным выше формулам определим диаметр (b) (ширину обода) прутка катка

$$(3) \quad l = k \cdot T_{ш} = k \cdot 2.4 \cdot b, \text{ т.е. } b = \frac{l}{k \cdot 2.4}$$

$$\text{Тогда } b_1 = \frac{60}{0.9 \cdot 2.4} = 27.8 \text{ мм } (d_{пр1} \approx 28 \text{ мм});$$

$$b_2 = \frac{80}{0.9 \cdot 2.4} = 37.0 \text{ мм } (d_{пр2} \approx 37 \text{ мм});$$

$$b_3 = \frac{100}{0.9 \cdot 2.4} = 46.3 \text{ мм } (d_{пр3} \approx 46 \text{ мм});$$

а количество прутков в катке, обеспечивающих сплошное уплотнение почвы, соответственно $n_1 = \frac{2\pi R_k}{l} = \frac{6.28 \cdot 275}{60} = 28 \text{ шт}$; $n_2 = \frac{6.28 \cdot 275}{80} = 22 \text{ шт}$; $n_3 = \frac{6.28 \cdot 275}{100} = 18 \text{ шт}$.

При v_n агрегата 7.2 км/ч (2 м/с) и диаметре катка 550 мм окружная скорость прутка (см. расчет выше) $v_{окр} = 1.999 \text{ м/с}$. Тогда на пути $S = 2 \text{ м}$ за 1 секунду время полного контакта составит $2 / 1.99 \approx 1$ секунда. Поэтому за один оборот катка время каждого прутка контакта с почвой (вход-выход из почвы) составит соответственно $T_{k1} = 1 / 28 = 0.036 \text{ с}$; $T_{k2} = 1 / 22 = 0.045 \text{ с}$; $T_{k3} = 1 / 18 = 0.056 \text{ с}$.

Такое малое время контакта, согласно исследованиям [5], не позволит обеспечить заданное уплотнение почвы прутковым катком. Для достижения заданного уплотнения необходимо или увеличить значительно нагрузку на деформатор, или же снизить поступательную скорость движения агрегата. Оба эти пути нежелательны. К тому же, если работоспособность кольчатого катка с такими параметрами может быть обеспечена за счет установки чистиков как по наружному диаметру катка, так и между его кольцами, то не представляется возможным установить чистики между деформаторами пруткового катка. Увеличить же расстояние между прутками не представляется возможным, т.к. не будет обеспечено сплошное уплотнение почвы в слое залегания семян. Необходимо искать новое конструктивно-технологическое решение прикатывающего устройства.

В исследованиях по выбору типа, параметров и режимов работы катка для сплошного прикатывания почвы к стерновым зерновым сеялкам [6] получены теоретические зависимости для определения контактных напряжений при взаимодействии с почвой круглого, клиновидно и плоского деформаторов. С помощью этих зависимостей и экспериментальных данных по определению величины уплотнения почвы без ее структурного нарушения определено влияние на уплотнение почвы нагрузки на каток, времени воздействия его на почву, исходной плотности почвы и координат точки в зоне уплотнения. На основании этих данных выбран тип катка (кольчатый), параметры и режимы его работы: диаметр катка 550 мм; диаметр кольца как лучшего типа деформатора (32 мм); время воздействия катка на почву (скорость движения агрегата от 6 до 13 км/ч); поверхностная нагрузка на деформатор 60 и 90 кгс/см²; расстояние между кольцами деформатора (95-115 мм). Кольчатый каток с такими параметрами обеспечивает заданную степень уплотнения почвы в слое залегания семян, а для исключения возможности забивания почвой катка его кольца через один свободно вращаются на оси.

3. Заключение

Проведенный анализ наиболее значимых результатов исследований по выбору типа прикатывающих устройств, параметров и режимов их работы для обеспечения заданной плотности почвы в зоне (4-8 см) залегания семян показал следующее.

- 1 Перспективным типом катка является кольчатый.
- 2 Наиболее эффективным профилем деформатора кольчатого катка является круг диаметром 30-40 мм.
- 3 Для обеспечения сплошного уплотнения почвы в слое залегания семян расстояние между кольцами катка должно быть в пределах 60-80 мм, а для работы катка без забивания почвой и растительными остатками – не менее 95-115 мм.
- 4 Однако кольчатые катки имеют значительную материалоемкость. С точки зрения снижения материалоемкости катков интерес представляют прутковые катки. Но неизвестно обеспечат ли они сплошное уплотнение почвы в слое залегания семян, поскольку деформаторы будут воздействовать на почву не постоянно – т.е. перекатываться по направлению движения агрегата, - а в плоскости перпендикулярной (или под небольшим углом) к направлению движения орудия.
- 5 Для проверки возможности обеспечения сплошного уплотнения почвы прутковым катком целесообразно с

использованием рекомендуемых указанными выше исследователями параметров и режимов работы кольчатого катка (таблица 2) изготовить макет и провести на первом этапе его испытания в почвенном канале и в лабораторно-полевых условиях.

Таблица 2 – Пределы изменения основных параметров макета пруткового катка

Цель исследований	Ширина захвата макета, 0.7 м			
	Параметры	Варианты параметров		
		1	2	3
Зависимость степени деформации почвы от количества прутков на катке и расстояния между ними	Диаметр прутков, мм	34		
	Количество прутков, шт.	10	14	18
	Расстояние между прутками, мм	143	112	87
	Скорость перемещения макета, км/ч	6	8	10
Зависимость деформации почвы от диаметра прутков и нагрузки на каток	Диаметр прутков, мм	28		
		34		
		40		
	Нагрузки на каток, кгс	150, 250, 300, 350, 400		
	Скорость перемещения, км/ч	7.0		

4. Литература

1. Карпенко А.Н. Сельскохозяйственные машины. Москва, Агропромиздат, 1989. - С.63 (Карпенко А.Н., Халанский В.М.)
2. Тарасенко А.П. Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства. Москва, Колос С, 2002. - С.102 (Тарасенко А.П., В.П.Солнцев и др.)
3. Каталог «Сельскохозяйственная техника» том1, часть1, Москва, 1991, С.170
4. Акулов В.М. Исследования технологического процесса прикатывания почвы каточками сеялки-культиватора /Автореферат на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Целиноград. – 1973.
5. Сидоров Л.П. Исследование рабочих органов дисковых катков для уплотнения почв в условиях Западной Сибири/ Автореферат на соискание ученой степени канд.техн. наук. – Омск. – 1973.
6. Виноградов М.А. Тип, параметры и режимы работы катка для сплошного прикатывания почвы к стерновым зерновым сеялкам-культиваторам /Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Алмат-Ата. – 1987.