

Амантаев М.А., доктор философии (PhD), <https://orcid.org/0000-0002-4838-9487>
НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай,
ул. А.Байтұрсынова 47, 110000, Казахстан, amantaevmaxat.kz@mail.ru
Золотухин Е.А., доктор философии (PhD), <https://orcid.org/0009-0008-1305-5138>
НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай,
ул. А.Байтұрсынова 47, 110000, Казахстан, zolutukhine17@mail.ru
Тастанов М.Г., кандидат физико-математических наук, <https://orcid.org/0000-0003-1926-8958>
НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай,
ул. А.Байтұрсынова 47, 110000, Казахстан, tastao@mail.ru
Кравченко Р.И., доктор философии (PhD), <https://orcid.org/0009-0007-7456-9901>
НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай,
ул. А.Байтұрсынова 47, 110000, Казахстан, ruslan.kravchenko_15@mail.ru
Абдибекова А.Т., магистрант ОП 7М08701 – Аграрная техника и технология
НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай,
ул. А.Байтұрсынова 47, 110000, Казахстан, abdibekova_aida.88@mail.ru

Amantayev M.A., PhD, <https://orcid.org/0000-0002-4838-9487>
NJSC «Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University», Kostanay, st. A. Baitursynov 47, 110000,
Kazakhstan, amantaevmaxat.kz@mail.ru
Zolutukhin Ye.A., PhD, <https://orcid.org/0009-0008-1305-5138>
NJSC «Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University», Kostanay, st. A. Baitursynov 47, 110000,
Kazakhstan, zolutukhine17@mail.ru
Tastanov M.G., c.ph.-m.s., <https://orcid.org/0000-0003-1926-8958>
NJSC «Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University», Kostanay, st. A. Baitursynov 47, 110000,
Kazakhstan, tastao@mail.ru
Kravchenko R.I., PhD, <https://orcid.org/0009-0007-7456-9901>
NJSC «Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University», Kostanay, st. A. Baitursynov 47, 110000,
Kazakhstan, ruslan.kravchenko_15@mail.ru
Abdibekova A.T., master's student
NJSC «Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University», Kostanay, st. A. Baitursynov 47, 110000,
Kazakhstan, abdibekova_aida.88@mail.ru

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРИКАТЫВАНИЯ ПОЧВЫ ПУТЕМ
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ БАТАРЕИ КЛИНОВИДНЫХ КАТКОВ СЕЯЛКИ ДЛЯ
ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР
INCREASING THE QUALITY OF SOIL ROLLING BY IMPROVING THE BATTERY OF
WEDGE ROLLERS FOR SEEDING DRILLS FOR GRAIN CROPS**

Аннотация

Для прикатывания почвы разработаны усовершенствованные прикатывающие катки клиновидного типа путем их оснащения дополнительными прутками. Такое исполнение обеспечивает качественное уплотнение надсеменного слоя почвы клиновидной частью катков строго по следу сошников. При этом, за счет оснащения дополнительными прутками обеспечивается равномерное выравнивание поверхности поля за один проход и формирование ветроустойчивой поверхности с мелко прерывистыми гребнями.

Цель исследования – повышения качества прикатывания почвы. В статье представлены результаты исследования усовершенствованного прикатывающего катка. Теоретические исследования проводились с применением методов теоретической и земледельческой механики и аналитической геометрии. Для проверки результатов теоретических исследований была изготовлена физическая модель усовершенствованного катка и проведены экспериментальные исследования на лабораторной установке в почвенном канале. Обработка результатов экспериментальных исследований выполнена методом математической статистики. По результатам исследований получены аналитические выражения, позволяющие определять горизонтальную (тяговое сопротивление) и вертикальную силы исследуемого прикатывающего

катка. Результаты теоретических исследований подтверждены экспериментами. Установлено, что с увеличением глубины обработки почвы горизонтальные (тяговое сопротивление) и вертикальные силы возрастают. По результатам экспериментальной проверки работоспособности усовершенствованного катка в почвенном канале установлено, что высота гребней после прохода отвечает агротехническим требованиям на технологический процесс прикатывания почвы. Таким образом, за счет выполнения операции по прикатыванию и выравниванию почвы за один проход можно обеспечить сокращение количества операций, что позволит повысить эксплуатационные характеристики сеялки.

ANNOTATION

For compacting the soil, wedge shaped compacting rollers have been developed by equipping them with welded rods. This design provides high-quality compaction of the above the seed layer of the surface of the wedge shaped part of the rollers strictly along the path of the coulters. In doing so, by equipping with welded rods a uniform competition surface of the field in one pass and a wind-resistant surface with finely interrupted ridges. The purpose of the study is to improve the quality of soil compaction. The article presents the results of a study of an improved press roller. Theoretical research is carried out using methods of theoretical and agricultural mechanics and analytical theory. To verify the results of experimental studies, a model of a improved roller was made and experimental studies were carried out on a laboratory installation in a soil bin. Processing the results of experimental studies using the method of mathematical statistics. Based on the research results, analytical data were obtained that make it possible to adjust the horizontal (traction resistance) and the vertical force of reduction of the roller. The results of theoretical studies are confirmed by experiments. It has been revealed that with the increase of the tilling depth, the horizontal (traction resistance) and vertical forces increase. Based on the results of an experimental studies of the performance of the improved roller in the soil bin, it was revealed that the height of the ridges after the passage meets the agrotechnical requirements of the technological process of soil rolling. Thus, when performing the technological operation of rolling and levelling the soil in one pass, it is possible to reduce the number of operations, which will improve the quality characteristics of the seeder.

Ключевые слова: сеялка, посев зерновых культур, клиновидный каток, ветроустойчивая поверхность, мелко прерывистые гребни

Key words: seeder, sowing of grain crops, wedge-shaped roller, wind-resistant surface, finely intermittent ridges

Введение. Прикатывание почвы при посеве зерновых культур является необходимым агротехническим приемом и занимает важное место в технологии возделывания зерновых культур. Его основное назначение заключается в создании благоприятных условий для прорастания семян. Данная технологическая операция эффективно влияет на урожайность зерновых культур, особенно в засушливых условиях.

На сегодняшний день на стерневых сеялках-культиваторах семейства СЗС, СТС и СКП, а также в ряде посевных комплексов зарубежных производителей широко используются клиновидные катки металлической конструкции [1-3]. Клиновидные катки, установленные в один ряд и идущие за сошниками строго по их следу, предназначены для рядкового прикатывания, т.е. для уплотнения слоя почвы с семенами, высеянными рядовым способом посева. Одним из основных агротехнических требований, предъявляемых к технологическому процессу прикатывания, является то, что после прохода катков должна обеспечиваться выровненная, ветроустойчивая поверхность поля высотой гребня до 2 см [4-6].

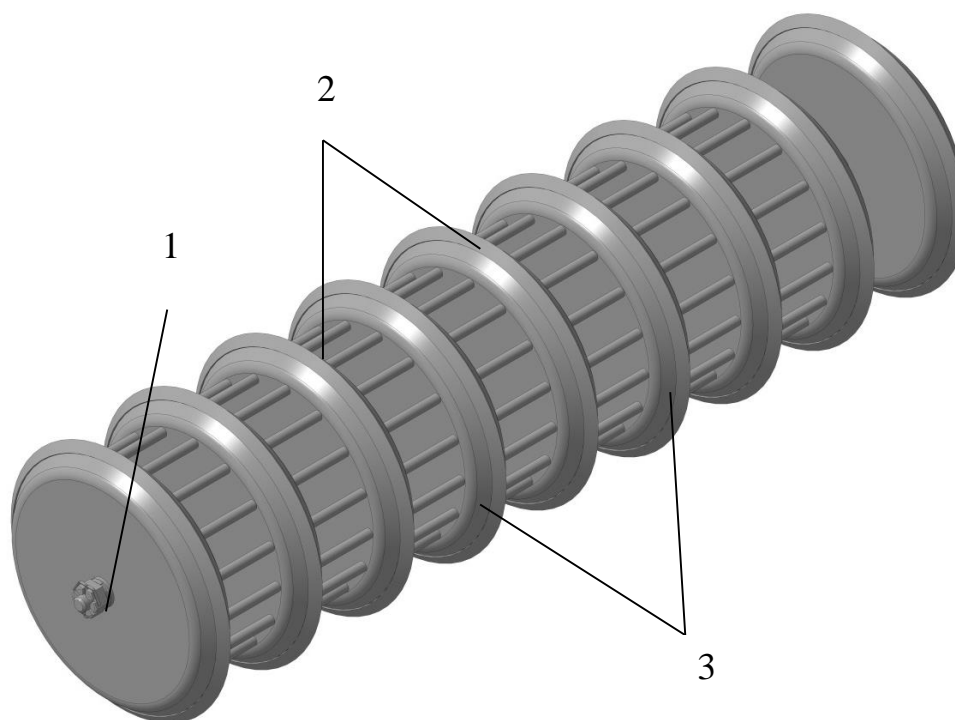
Исследованию процесса прикатывания почвы и обоснованию параметров прикатывающих катков посвящены работы А.П. Виноградова [7], М.А. Акулова [8], Л.П. Сидорова [9], А.А. Кнауца [10], С.Г. Щукина [11], Г.З. Гайфуллина [12], А.В. Семибаламута [13], М.А. Амантаева [14] и др.

Однако, гребнистый, не выровненный рельеф поверхности поля, образуемый после прохода сеялок с клиновидными катками, представляет серьезную проблему, к примеру, затрудняется работа комбайнов осенью во время уборки поперек направления.

В этой связи, дальнейшее совершенствование конструкции прикатывающих катков с целью повышения качества прикатывания почвы является актуальной [15-19].

Материалы и методы исследований. Разработаны усовершенствованные прикатывающие катки клиновидного типа путем их оснащения дополнительными прутками. Усовершенствованные катки состоят из рамы вала 1, прикатывающих катков клиновидного типа 2 и прутков 3 (рисунок 1). Прутки 3 привариваются между клиновидными катками 2 по диаметру основания клиновидной части катков.

Благодаря этому обеспечивается качественное уплотнение надсеменного слоя почвы клиновидной частью катков строго по следу сошников. При этом, за счет оснащения дополнительными прутками обеспечивается равномерное выравнивание поверхности поля за один проход и формирование ветроустойчивой поверхности с мелко прерывистыми гребнями. Таким образом, за счет выполнения операции по прикатыванию и выравниванию почвы за один проход можно обеспечить сокращение количества операции, что позволит повысить эксплуатационные характеристики сеялки.



1 – вал; 2 – прикатывающий каток клиновидного типа; 3 – прутки
Рисунок 1 – Усовершенствованный прикатывающий каток в 3D

Теоретические исследования проводились с применением методов теоретической и земледельческой механики и аналитической геометрии. Для проверки результатов теоретических исследований была изготовлена физическая модель усовершенствованного катка и проведены экспериментальные исследования на лабораторной установке в почвенном канале. После каждого прохода модели катка определялась высота гребней. При этом, измерялось тяговое сопротивление и вертикальная сила исследуемого катка. Агротехнические показатели оценивались в соответствии с СТ РК 1559 [20]. Опыты проводили в четырехкратной повторности. Обработка результатов экспериментальных исследований выполнена методом математической статистики.

Результаты и их обсуждение. Рассмотрим процесс взаимодействия с почвой клиновидной части прикатывающего катка. Для этого рассмотрим процесс движения в почве катка в системе координат OXY . Система координат выбрана так, чтобы ось OX совпала в направлении поступательного движения агрегата. Ось OY – вертикальна поверхности поля и проходит через точку O касания катка с дном борозды, рисунок 2. Начало системы координат точка O совпадает с нижней точкой касания рабочего органа с дном борозды.

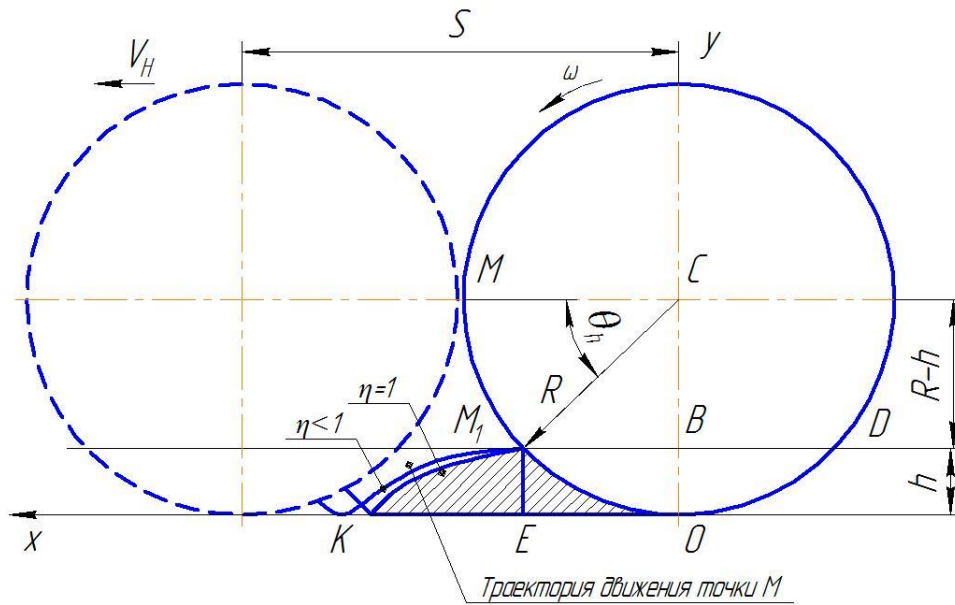


Рисунок 2 – Схема движения прикатывающего катка

Рассмотрим перемещение рабочего органа в направлении оси OX . Пусть в системе координат в системе координат OXY центр рабочего органа C переместится по оси OX на расстояние S , рисунок 2. При прохождении пути S центром рабочего органа C радиус-вектор CM повернет от точки M до точки M_1 , т.е. на угол θ , тогда:

$$S = \frac{\theta \cdot R}{\eta} \quad (1)$$

где, R – радиус-вектор клиновидного катка;

θ – угол поворота радиус-вектора OM от горизонтальной плоскости;

η – коэффициент кинематического режима работы, характеризующий скольжение клиновидного катка относительно дна борозды.

Начальные координаты точки M , лежащей на радиус-векторе CM равны:

$$X = R; Y = R. \quad (2)$$

При повороте радиус-вектора CM на угол θ координаты получают следующие приращения:

- от поступательного движения:

$$\Delta X = S = \frac{\theta \cdot R}{\eta}; \Delta Y = 0. \quad (3)$$

- от вращательного движения:

$$\Delta X = -(R - R \cdot \cos \theta); \Delta Y = -R \cdot \sin \theta. \quad (4)$$

Координаты точки M после поворота радиус-вектора CM на угол θ равны начальным, увеличенным на соответствующие приращения:

- от вращательного движения:

$$\begin{cases} X = R - R + R \cdot \cos \theta, \\ Y = R - R \cdot \sin \theta, \end{cases} \quad \text{или} \quad \begin{cases} X = R \cdot \cos \theta, \\ Y = R - R \cdot \sin \theta. \end{cases} \quad (5)$$

- от поступательного и вращательного движения:

$$\begin{cases} X = R + \frac{\theta \cdot R}{\eta} - R + R \cdot \cos \theta, \\ Y = R + 0 - R \cdot \sin \theta, \end{cases} \quad \text{или} \quad \begin{cases} X = \frac{\theta \cdot R}{\eta} + R \cdot \cos \theta, \\ Y = R - R \cdot \sin \theta. \end{cases} \quad (6)$$

Таким образом, исследуемый прикатывающий каток представляет собой окружность с радиусом R , заглубленный в почву на глубину h , рисунок 2. Уравнение окружности катка (по

острию клиновидной части катка), в координатной форме описывается системой уравнений (5). А траектория движения точки M острия клиновидного катка в координатной форме описывается системой уравнений (6).

Положение радиус-вектора OM в момент вхождения в почву точки M острия клиновидной части катка определяется углом θ_h , который определяется как:

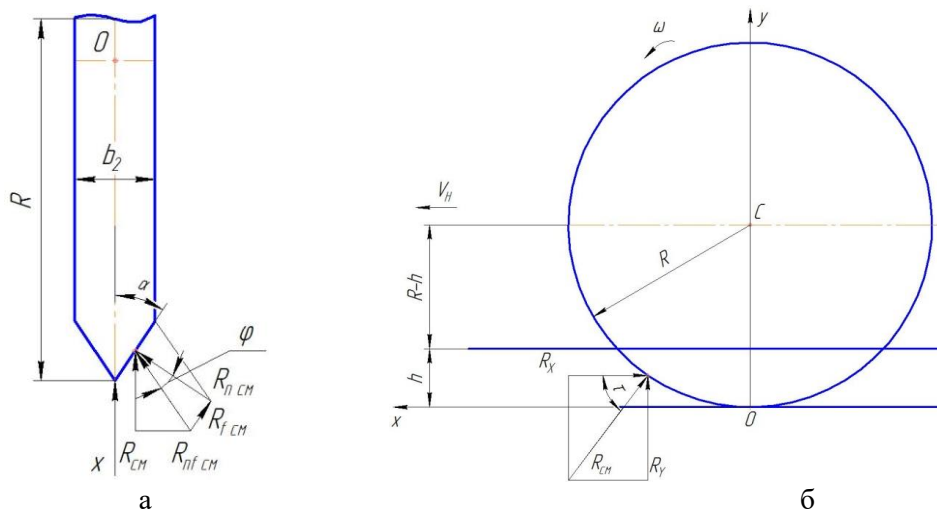
$$\theta_h = \arcsin\left(1 - \frac{h}{R}\right). \quad (7)$$

Принимаем допущения, уплотняющий каток перекачивается равномерно без скольжения и буксования, в связи с этим, коэффициент кинематического режима работы $\eta=1$.

Во время работы прикатывающий каток с радиусом R , шириной b_2 и углом конусности α образует борозду путем смятия почвы. На рабочую часть клиновидного катка со стороны почвы действуют нормальная сила R_{ncm} и сила трения R_{fcm} , рисунок 3. В связи с этим, проекция результирующей силы на плоскость XOY симметрии катка R_{cm} будет равна:

$$R_{cm} = \frac{R_{ncm} \cdot \sin(\alpha + \varphi_1)}{\cos \varphi_1}, \quad (8)$$

где φ_1 – коэффициент внешнего трения почвы, град.
 α – угол клиновидности катка, град.



а – вид спереди; б – вид сбоку

Рисунок 3 – Схема сил, действующих на прикатывающий каток

Сила, необходимая для смятия почвы клиновидным катком, равна

$$R_{ncm} = V_{cm} \cdot q, \quad (9)$$

где V_{cm} – объем сминаемой почвы клиновидным катком, см³.

Объем сминаемой почвы клиновидным катком V_{cm} определяется как:

$$V_{cm} = \frac{2}{3} \cdot S_{OEKM_1} \cdot b_2, \quad (10)$$

где b_2 – толщина клиновидного прикатывающего катка, см.

Площадь почвы, подвергаемая смятию катком, представляет фигуру, ограниченную катком в пределах дуги OM_1 и траекторией точки M острия клиновидной части катка, рисунок 2, которая определяется из уравнений (5) и (6):

$$S_{OEKM_1} = \int_{0,5\pi}^{\theta_h} R^2 \cdot (-\sin \theta + \sin^2 \theta) \cdot d\theta + \int_{\theta_h}^{0,5\pi} (R - R \cdot \sin \theta) \cdot \left(\frac{R}{\eta} - R \cdot \sin \theta\right) \cdot d\theta. \quad (11)$$

После интегрирования в пределах $[0,5\cdot\pi; \theta_h]$ получаем следующее выражение:

$$S_{OЕКМ_1} = R^2 \cdot \left(\cos \theta_h + \frac{1}{2} \theta_h - \frac{1}{4} \sin 2\theta_h - \frac{1}{4} \pi \right) + R^2 \cdot \left(\frac{3}{4} \pi - \frac{3}{2} \theta_h + 2 \cdot \cos \theta_h - \frac{1}{4} \sin 2\theta_h \right). \quad (12)$$

Горизонтальная (тяговое сопротивление) и вертикальная составляющие $R_{КХ2}$ и $R_{КУ2}$ силы являются проекциями силы сопротивления почвы смятию катком $R_{см}$ на оси OX и OY соответственно, которые определяются как:

$$R_{КХ2} = R_{см} \cdot \cos \tau, \quad (13)$$

$$R_{КУ2} = R_{см} \cdot \sin \tau. \quad (14)$$

где τ – угол между осью OX и касательной к траектории движения прикатывающего катка в плоскости XOY , град.

Определим угол τ между осью OX и касательной к траектории движения прикатывающего катка в плоскости XOY , рисунок 4:

$$\operatorname{tg} \tau = \frac{dY}{dX}, \quad (15)$$

где dY и dX – дифференциалы функции Y и X . Из формулы (6):

$$dY = -R \cdot \cos \theta,$$

$$dX = \frac{R}{\eta} - R \cdot \sin \theta. \quad (16)$$

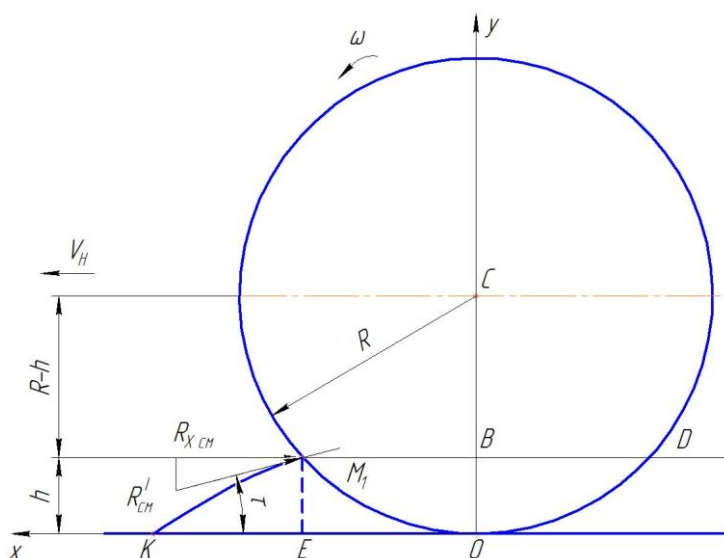


Рисунок 4 – Схема для определения силы смятия почвы, действующей на прикатывающий каток в плоскости симметрии

Подставив полученное в (15), имеем:

$$\operatorname{tg} \tau = \frac{-R \cdot \cos \theta}{(R/\eta) - R \cdot \sin \theta}. \quad (17)$$

Точкой приложения результирующей силы сопротивления смятию почвы принимаем середину дуги острого клиновидной части катка (среднее интегральное значение угла τ в пределах $[0,5\cdot\pi; \theta_h]$).

Подставив значения $R_{см}$, $R_{лсм}$ и $V_{см}$ в (13) и (14) найдем величину горизонтальной и вертикальной составляющих $R_{КХ2}$ и $R_{КУ2}$ силы сопротивления почвы смятию клиновидным катком:

$$R_{КХ2} = \frac{2 \cdot q \cdot b_2 \cdot \sin(\alpha + \varphi_1) \cdot \cos \tau}{3 \cdot \cos \varphi_1} \cdot [R^2 \cdot (\cos \theta_h + \frac{1}{2} \theta_h - \frac{1}{4} \sin 2\theta_h - \frac{1}{4} \pi) + R^2 \cdot (\frac{3}{4} \pi - \frac{3}{2} \theta_h + 2 \cdot \cos \theta_h - \frac{1}{4} \sin 2\theta_h)], \quad (18)$$

$$R_{КУ2} = \frac{2 \cdot q \cdot b_2 \cdot \sin(\alpha + \varphi_1) \cdot \sin \tau}{3 \cdot \cos \varphi_1} \cdot [R^2 \cdot (\cos \theta_h + \frac{1}{2} \theta_h - \frac{1}{4} \sin 2\theta_h - \frac{1}{4} \pi) + R^2 \cdot (\frac{3}{4} \pi - \frac{3}{2} \theta_h + 2 \cdot \cos \theta_h - \frac{1}{4} \sin 2\theta_h)]. \quad (19)$$

На основе выражений (18) и (19) построены графики зависимостей горизонтальной (тяговое сопротивление) и вертикальной силы, действующих на клиновидную часть прикатывающего катка, от глубины обработки почвы h , рисунок 5.

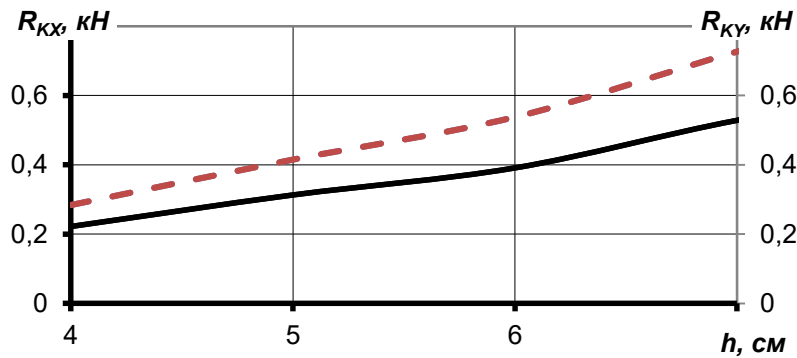


Рисунок 5 – Зависимости горизонтальной (тяговое сопротивление) $R_{КХ}$ и вертикальной силы $R_{КУ}$ усовершенствованного катка от глубины обработки почвы h и при $q=3 \text{ Н/см}^3$ и $\varphi_1=30$ град.

Из них видно, что увеличение глубины обработки почвы h от 4 до 8 см приводит к росту горизонтальной (тяговое сопротивление) $R_{КХ}$ и вертикальной сил $R_{КУ}$ в 2,6...2,9 и 2,9...3,2 раза соответственно.

Для подтверждения результатов теоретических исследований были выполнены эксперименты в почвенном канале с физической моделью усовершенствованного катка. На рисунке 6 приведен общий вид и вид поверхности почвы после прохода усовершенствованного катка для прикатывания почвы. В таблице 1 приведены результаты обработки экспериментальных исследований усовершенствованного катка.

Таблица 1 – Результаты экспериментальных исследований усовершенствованного катка

Показатели	Значения
Горизонтальная сила (тяговое сопротивление), кН	25,0
Вертикальная сила, кН	30,8
Высота гребней, см (при $\sigma=0,9$ см)	2,0

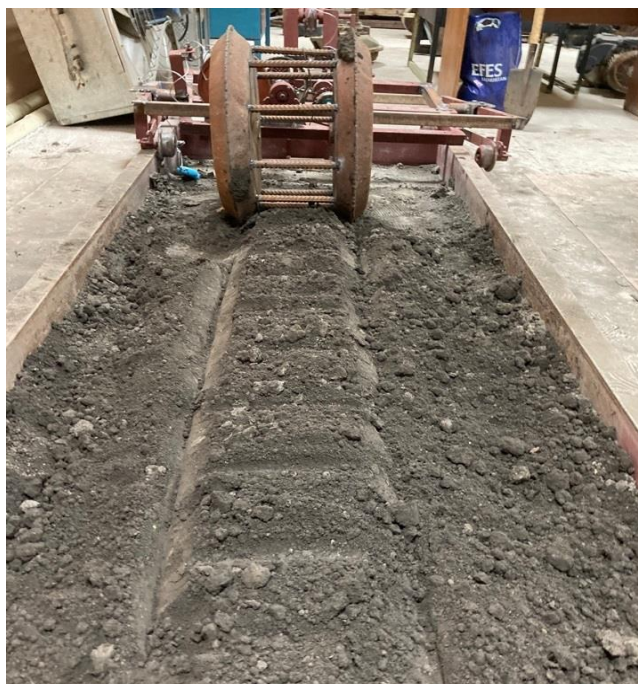


Рисунок 6 – Вид поверхности почвы после прохода усовершенствованного катка

Таким образом, результаты теоретических исследований подтверждены экспериментами. При этом, по результатам экспериментальной проверки работоспособности усовершенствованного катка в почвенном канале установлено, что высота гребней после прохода составляет 2 см, что отвечает агротехническим требованиям на технологический процесс прикатывания почвы.

Выводы. Разработаны усовершенствованные прикатывающие катки клиновидного типа путем их оснащения дополнительными прутками и изготовлена физическая модель катка. Такое исполнение обеспечивает качественное уплотнение надсеменного слоя почвы клиновидной частью катков строго по следу сошников. При этом, за счет оснащения дополнительными прутками обеспечивается равномерное выравнивание поверхности поля за один проход и формирование ветроустойчивой поверхности с мелко прерывистыми гребнями.

Получены аналитические выражения, позволяющие определять горизонтальную (тяговое сопротивление) и вертикальную силы исследуемого прикатывающего катка.

Установлена закономерность изменения горизонтальной (тяговое сопротивление) R_{KX} и вертикальной силы R_{KY} усовершенствованного катка от глубины обработки почвы - с увеличением глубины обработки почвы h горизонтальные (тяговое сопротивление) R_{KX} и вертикальные силы возрастают. Результаты теоретических исследований подтверждены экспериментами.

По результатам экспериментальной проверки работоспособности усовершенствованного катка в почвенном канале установлено, что высота гребней после прохода отвечает агротехническим требованиям на технологический процесс прикатывания почвы.

Таким образом, за счет выполнения операции по прикатыванию и выравниванию почвы за один проход можно обеспечить сокращение количества операции, что позволит повысить эксплуатационные характеристики сеялки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 East, D. Bullet's discs fire-up seeding [Текст] / D. East // Stock Journal. May, 7, 2009. С. 21.
- 2 Pitla, S.K. Integration of an extended orthogonal ring transducer and soil coulterometer for identifying soil compaction [Текст] / S.K. Pitla, L.G. Wells, S.A. Shearer // Applied Engineering in agriculture. №5. Vol.25. 2009. С. 647-652.
- 3 Sarauskis, E. Research of mechanical traction characteristics of direct sowing equipment [Текст] / E. Sarauskis, K. Vaitauskiene // Mechanika. №5. Vol.20. 2014. С. 506-511.

4 Анискин, В.И. Исходные требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве / В.И. Анискин, А.А. Артюшин. – М.: «Росинформагротех». 2005. – 270 с.

5 Ревякин, Е.Л. Техноогические требования к новым техническим средствам в растениеводстве [Текст] / Е.Л. Ревякин, Н.М. Антышев // М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008, – 60 с.

6 Золотухин, Е.А. Показатели работы фронтальной дисковой бороны для поверхностной обработки почвы [Текст] / Е.А. Золотухин, Г.З. Гайфуллин // Университетский научный журнал КГУ им. А.Байтурсынова «3i: intellect, idea, innovation – интеллект, идея, инновация», 2012. – С. 25-28.

7 Виноградов, М.А. Тип, параметры и режимы работы катка для сплошного прикатывания почвы к стерневым зерновым сеялкам-культиваторам [Текст]: автореф. ... канд. техн. наук. – Алма-Ата, 1986. – 20 с.

8 Акулов, В.М. Исследование технологического процесса прикатывания почвы каточками сеялки-культиватора [Текст]: автореф. ... канд. техн. наук. – Целиноград, 1973. – 23 с.

9 Сидоров, Л.П. Исследование рабочих органов дисковых катков для уплотнения почв в условиях Западной Сибири [Текст]: автореф. ... канд. техн. наук. – Омск, 1973. – 25 с.

10 Кнаус, А.А. Совершенствование катка-выравнивателя для подготовки почвы к посеву [Текст]: автореф. ... канд. техн. наук. – Новосибирск, 1988, – 20 с.

11 Щукин, С.Г. Совершенствование уплотняющих ротационных рабочих органов с использованием методов моделирования процесса их взаимодействия с почвой [Текст]: автореф. ...канд. техн. наук. – Новосибирск, 1999, - 21 с.

12 Гайфуллин, Г.З. Механико-технологические основы разработки и совершенствования рабочих органов машин для почвозащитного земледелия [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук. - Челябинск, 2003. - 295 с.

13 Семибаламут, А.В. Обоснование параметров и скорости движения катка для подповерхностного уплотнения почвы [Текст]: дис. ...канд. техн. наук. – Костанай,2009. – 146 с.

14 Амантаев, М.А. Результаты сравнительной оценки уплотняющих катков [Текст] / М.А. Амантаев // Materials of the XII International scientific and practical conference «Areas of scientific thought-2015/2016», Vol.18, Sheffield, 2015/2016, С. 81-83.

15 Jia, H. Design and experiment of profiling elastic press roller [Tekst] / H. Jia, W. Wang, J. Zhuang, X. Luo, P. Yao, Y. Li // Nongye Jixie Xuebao/Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 46 (6) , 2015. pp. 28-34 and 83.

16 Jia, H. Effects of profiling elastic press roller on seedbed properties and soybean emergence under double row ridge cultivation [Tekst] / H. Jia, W. Wang, X. Luo, J. Zheng, M. Guo, J. Zhuang // Soil and Tillage Research, Volume 162, 2016, Pages 34-40.

17 Tong, J Compaction Performance of Biomimetic Press Roller to Soil [Tekst] / J. Tong, Q. Zhang, L. Guo, Y. Chang, Y. Guo, F. Zhu, D. Chen, X. Liu // Journal of Bionic Engineering, Volume 12, Issue 1, 2015, Pages 152-159.

18 Geng, Y. Research on precise regulation of no-tillage seeder compaction pressure [Tekst] / Y. Geng, X. Zhong, X. Wang, X. Zhang, Z. Wei, D. Wu // Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 43 (10), 2022. pp. 141 – 148.

19 Luo, H. Study on combined press for permanent raised beds planter [Tekst] / H. Luo, H. Gao // Journal of Beijing Technology and Business University: Natural Science Edition, 26 (3) , 2008. pp. 21-24.

20 СТ РК – 1559-2006. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и орудия для поверхностной обработки почвы. Методы оценки функциональных показателей [Текст]. – Введ. 2006-01-01. Астана: Комитет по техническому регулированию и метрологии Министерства индустрии и торговли РК, 2006. – 32 с.

REFERENCES

1 East, D. Bullet's discs fire-up seeding [Tekst] / D. East // Stock Journal. May, 7, 2009. С. 21.

- 2 Pitla, S.K. Integration of an extended orthogonal ring transducer and soil coulterometer for identifying soil compaction [Tekst] / S.K. Pitla, L.G. Wells, S.A. Shearer // Applied Engineering in agriculture. №5. Vol.25. 2009. C. 647-652.
- 3 Sarauskis, E. Research of mechanical traction characteristics of direct sowing equipment [Tekst] / E. Sarauskis, K. Vaitauskiene // Mechanika. №5. Vol.20. 2014. C. 506-511.
- 4 Aniskin, V.I. Iskhodnyye trebovaniya na bazovyye mashinnyye tekhnologicheskiye operatsii v rasteniyevodstve / V.I. Aniskin, A.A. Artyushin. – M.: «Rosinformagrotekh». 2005. – 270 s.
- 5 Revyakin, Ye.L. Tekhnoogicheskiye trebovaniya k novym tekhnicheskim sredstvam v rasteniyevodstve [Tekst] / Ye.L. Revyakin, N.M. Antyshev // M.: FGNU «Rosinformagrotekh», 2008, – 60 s.
- 6 Zolotukhin, Ye.A. Pokazateli raboty frontal'noy diskovoy borony dlya poverkhnostnoy obrabotki pochvy [Tekst] / Ye.A. Zolotukhin, G.Z. Gayfullin // Universitetskiy nauchnyy zhurnal KGU im. A.Baytursynova «3i: intellect, idea, innovation – intellekt, ideya, innovatsiya», 2012. – S. 25-28.
- 7 Vinogradov, M.A. Tip, parametry i rezhimy raboty katka dlya sploshnogo prikatyvaniya pochvy k sternevym zernovym seyalkam-kul'tivatoram [Tekst]: avtoref. ... kand. tekhn. nauk. – Alma-Ata, 1986. – 20 s.
- 8 Akulov, V.M. Issledovaniye tekhnologicheskogo protsessa prikatyvaniya pochvy katochkami seyalki-kul'tivatora [Tekst]: avtoref. ... kand. tekhn. nauk. – Tselinograd, 1973. – 23 s.
- 9 Sidorov, L.P. Issledovaniye rabochikh organov diskovykh katkov dlya uplotneniya pochv v usloviyakh Zapadnoy Sibiri [Tekst]: avtoref. ... kand. tekhn. nauk. – Omsk, 1973. – 25 s.
- 10 Knaus, A.A. Sovershenstvovaniye katka-vyravnivatelya dlya podgotovki pochvy k posevu [Tekst]: avtoref. ... kand. tekhn. nauk. – Novosibirsk, 1988, – 20 s.
- 11 Shchukin, S.G. Sovershenstvovaniye uplotnyayushchikh rotatsionnykh rabochikh organov s ispol'zovaniyem metodov modelirovaniya protsessa ikh vzaimodeystviya s pochvoy [Tekst]: avtoref. ...kand. tekhn. nauk. – Novosibirsk, 1999, - 21 s.
- 12 Gayfullin, G.Z. Mekhaniko-tekhnologicheskiye osnovy razrabotki i sovershenstvovaniya rabochikh organov mashin dlya pochvozashchitnogo zemledeliya [Tekst]: dis. ... d-ra tekhn. nauk. - Chelyabinsk, 2003. - 295 s.
- 13 Semibalamut, A.V. Obosnovaniye parametrov i skorosti dvizheniya katka dlya podpoverkhnostnogo uplotneniya pochvy [Tekst]: dis. ...kand. tekhn. nauk. – Kostanay, 2009. – 146 s.
- 14 Amantayev, M.A. Rezul'taty sravnitel'noy otsenki uplotnyayushchikh katkov [Tekst] / M.A. Amantayev // Materials of the XII International scientific and practical conference «Areas of scientific thought-2015/2016», Vol.18, Sheffield, 2015/2016, S. 81-83.
- 15 Jia, H. Design and experiment of profiling elastic press roller [Tekst] / H. Jia, W. Wang, J. Zhuang, X. Luo, P. Yao, Y. Li // Nongye Jixie Xuebao/Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 46 (6) , 2015. pp. 28-34 and 83.
- 16 Jia, H. Effects of profiling elastic press roller on seedbed properties and soybean emergence under double row ridge cultivation [Tekst] / H. Jia, W. Wang, X. Luo, J. Zheng, M. Guo, J. Zhuang // Soil and Tillage Research, Volume 162, 2016, Pages 34-40.
- 17 Tong, J. Compaction Performance of Biomimetic Press Roller to Soil [Tekst] / J. Tong, Q. Zhang, L. Guo, Y. Chang, Y. Guo, F. Zhu, D. Chen, X. Liu // Journal of Bionic Engineering, Volume 12, Issue 1, 2015, Pages 152-159.
- 18 Geng, Y. Research on precise regulation of no-tillage seeder compaction pressure [Tekst] / Y. Geng, X. Zhong, X. Wang, X. Zhang, Z. Wei, D. Wu // Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 43 (10), 2022. pp. 141 – 148.
- 19 Luo, H. Study on combined press for permanent raised beds planter [Tekst] / H. Luo, H. Gao // Journal of Beijing Technology and Business University: Natural Science Edition, 26 (3) , 2008. pp. 21-24.
- 20 ST RK – 1559-2006. Ispytaniya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki. Mashiny i orudiya dlya poverkhnostnoy obrabotki pochvy. Metody otsenki funktsional'nykh pokazateley [Tekst]. – Vved. 2006-01-01. Astana: Komitet po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii Ministerstva industrii i torgovli RK, 2006. – 32 s.

Топырақты тығыздау үшін шыбықтармен жабдықтау арқылы жетілдірілген сына тәрізді тығыздаушы таптағыштар әзірленді. Бұл құрылым таптағыштардың сына тәрізді бөлігімен топырақтың беткі қабатының қатаң түрде сіңіргіштердің ізімен жоғары сапалы тығыздалуын қамтамасыз етеді. Бұл ретте шыбықтармен жабдықтау арқылы бір өтуде егіс бетінің біркелкі тегістелуі және шағын үзікті жалдары бар желге төзімді егіс беті қамтамасыз етіледі. Зерттеудің мақсаты – топырақтың тығыздалу сапасын арттыру. Мақалада жетілдірілген тығыздаушы таптағыштарты зерттеу нәтижелері берілген. Теориялық зерттеулер теориялық және ауылшаруашылық механикасы және аналитикалық геометрия әдістерін қолдану арқылы жүзеге асырылады. Теориялық зерттеулердің нәтижелерін тексеру үшін жаңартылған таптағыштың физикалық үлгісі жасалды және топырақ арнасындағы зертханалық қондырғыда тәжірибелік зерттеулер жүргізілді. Математикалық статистика әдісін қолдану арқылы эксперименттік зертханалардың нәтижелерін өңдеу орындалды. Зерттеу нәтижелерінің негізінде тығыздаушы таптағыштартың горизонталды (тартқыш кедергі) және вертикалды күштерді анықтауға мүмкіндік беретін аналитикалық өрнектер алынды. Теориялық зерттеулердің нәтижелері зертханалық жұмыстармен расталады. Топырақты өңдеу тереңдігі ұлғайған сайын горизонталды (тартқыш кедергі) және вертикалды күштер артатыны анықталды. Топырақ арнасындағы жетілдірілген таптағыштың жұмыс қабілетін зертханалық сынау нәтижелері бойынша өтуден кейінгі жалдардың биіктігі топырақты тығыздау технологиялық процесінің агротехникалық талаптарына сәйкес келетіні анықталды. Осылайша, топырақты тығыздау және тегістеу операцияларын бір өтуде орындау кезінде, сепкіштің пайдалану сипаттамаларын жақсартуға мүмкіндік беретін операциялардың санын азайтуға болады.

