

Научная статья

УДК 631.331.86

EDN ZCTFFM

DOI: 10.22450/19996837_2022_2_158

Обоснование рациональных параметров прикатывающего катка комбинированного сошника при посеве зерновых культур

Даба Нимаевич Раднаев¹, Сергей Сергеевич Калашников²,
Дугар-Цырен Баярович Бадмацыренов³, Баирма Ефимовна Дамбаева⁴

^{1, 2, 3, 4} Бурятская государственная сельскохозяйственная академия
имени В. Р. Филиппова, Республика Бурятия, Улан-Удэ, Россия

¹ daba01@mail.ru, ³ dygar-avto03@mail.ru, ⁴ baira86@mail.ru

Аннотация. С учётом зональных систем земледелия всё больше возрастает необходимость дифференцированного применения агротехнических приёмов. Прикатывание почвы как технологическую операцию применяют, чтобы обеспечить оптимальную плотность и структуру почвы согласно агротехническим требованиям. Благодаря прикатыванию, повышается контакт семян с почвой, что способствует их лучшему питанию, и вследствие этого, повышается всхожесть семян. Также прикатывание ускоряет процесс прогревания почвы. Функция катка ускорять усадку почвы является эффективным приёмом при посеве зерновых культур с одновременным прикатыванием засеянного рядка. Данный приём в значительной мере заменяет фактор времени, которое необходимо экономить в современных ресурсосберегающих технологиях сельскохозяйственного производства. В связи с этим, была проведена глубокая модернизация сошника сеялки зерновой узкорядной СЗУ-3,6, которая заключается в разработке конструкции сошника с прикатывающим катком. Данная конструкция сошника с катком для уплотнения почвы позволяет вести между дисками полосовой разбросной посев семян зерновых культур с одновременным прикатыванием засеянной полосы, что позволяет повысить урожайность. В статье приводятся схема экспериментального сошника и результаты исследований по математическому описанию многофакторного эксперимента с целью оптимизации параметра, который был бы однозначным и характеризовался числами. При планировании эксперимента важное значение имеет выбор критерия оптимизации, по которому оценивается исследуемый объект, и параметры связываются в математическую модель. В качестве критерия оптимизации выбран параметр плотности почвы после прохода катка на глубину заделки семян комбинированным сошником. Обоснованы рациональные значения основных параметров катка комбинированного сошника для посева зерновых культур в условиях Республики Бурятия.

Ключевые слова: посев зерновых, узкорядный сошник, планирование эксперимента, оптимизация параметров

Для цитирования: Раднаев Д. Н., Калашников С. С., Бадмацыренов Д.-Ц. Б., Дамбаева Б. Е. Обоснование рациональных параметров прикатывающего катка комбинированного сошника при посеве зерновых культур // Дальневосточный аграрный вестник. 2022. Вып. 2 (62). С. 158–167. doi: 10.22450/19996837_2022_2_158.

Original article

Substantiation of the rational parameters of the press roller of combined coulter when sowing grain crops

Daba N. Radnaev¹, Sergei Sergeevich Kalashnikov²,
Dygar-Tsyren B. Badmatsyrenov³, Bairma E. Dambaeva⁴

^{1, 2, 3, 4} Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov,
Republic of Buryatia, Ulan-Ude, Russia

¹ daba01@mail.ru, ² dygar-avto03@mail.ru, ³ baira86@mail.ru

Abstract. Taking into account the zonal farming systems, the need for a differentiated application of agrotechnical methods is increasingly growing. Soil rolling as a technological operation is used to ensure optimal soil density and structure in accordance with agrotechnical requirements. Due to rolling, the contact of seeds with the soil increases, which contributes to their better nutrition, and as a result, their germination increases. Rolling also speeds up the process of warming up the soil. The function of the roller to accelerate the soil shrinkage is an effective technique when sowing grain crops with simultaneous rolling of the sown row. This technique largely replaces the time factor that needs to be saved in modern resource-saving technologies of agricultural production. In this regard, a deep modernization of the coulter of the narrow-row grain seeder SZU-3.6 was carried out, which consists in developing the design of the coulter with a press roller. This design of the coulter with a roller for soil compacting makes it possible to carry out strip broadcast of grain crop seeds between the disks with simultaneous rolling of the sown strip, which allows increasing the yield. The article presents a scheme of an experimental coulter and the results of research on the mathematical description of a multifactorial experiment in order to optimize the parameters. When planning an experiment, it is important to choose an optimization criterion by which the object under study is evaluated and links the parameters into a mathematical model. As an optimization criterion, the soil density parameter after the roller passes to the depth of seed placement with a combined coulter was chosen. The rational values of the main parameters of the combined coulter roller for sowing grain crops in the conditions of the Republic of Buryatia are substantiated.

Keywords: sowing grain crops, narrow-row coulter, experiment planning, parameter optimization

For citation: Radnaev D. N., Kalashnikov S. S., Badmatsyrenov D.-Ts. B., Dambaeva B. E. Obosnovanie racional'nyh parametrov prikatyvyayushchego katka kombinirovannogo soshnika pri poseve zernovyh kul'tur [Substantiation of the rational parameters of the press roller of combined coulter when sowing grain crops]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin.* 2022; 2 (62): 158–167. (in Russ.). doi: 10.22450/19996837_2022_2_158.

Введение. В практике сельскохозяйственного производства наиболее широкое распространение получил обычный рядковый посев с шириной междурядья 15 сантиметров, который существует уже около двух веков. К недостаткам данного способа посева следует отнести излишнее скопление семян на одном погонном метре ряда при довольно большом расстоянии между рядами. Попытки видоизменить этот способ в сторону большей равномерности размещения семян по площади привели к созданию узкорядного и разбросного способов посева зерновых колосовых культур [3, 4, 5, 6, 10].

Посевные машины должны обеспечить наиболее благоприятные условия для развития растений с полным использованием света, влаги, тепла и питательных веществ. Для этого необходимо равномерно распределять семена по площади поля. В этой связи возникают вопросы: в какой степени растениям зерновых культур необходима площадь питания в форме круга или квадрата? насколько отличается продуктивность зерновых, возделываемых в

условиях квадратной площади питания, от их продуктивности при площади питания, отличной от квадрата? [1, 2, 8, 9]

В условиях Бурятии на лёгких каштановых почвах основным фактором испарения почвенной влаги является интенсивная теплопроводность вследствие неодинаковой влажности по глубине, то есть уплотнение поверхности почвы выступает наиболее действенным приёмом сохранения почвенной влаги. Уплотнённая поверхность почвы приводит к ускорению процесса нагрева посевного слоя, что ведёт к наиболее полному использованию весеннего запаса почвенной влаги и получению дружных и полных всходов [9].

В связи с этим, была проведена глубокая модернизация сошника сеялки зерновой узкорядной СЗУ-3,6, которая заключалась в разработке конструкции сошника с прикатывающим катком. Поэтому, следует рассмотреть вопросы обоснования конструктивных параметров прикатывающего катка.

Целью работы явилось обоснование основных параметров узкорядного

сошника для одновременного прикатывания засеянной полосы.

Условия и методика исследований.

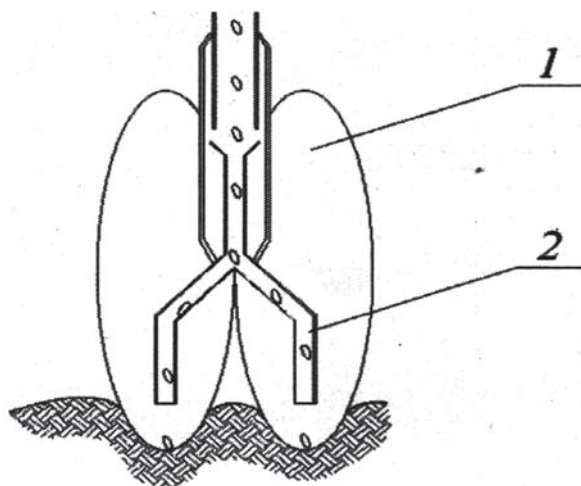
Конструкция сошника сеялки СЗУ-3,6 предназначена для посева сельскохозяйственных культур с междурядьем 7,5 см (рис. 1). Данный способ посева позволяет распределять семена по площади питания, близкой к оптимальной в виде круга или квадрата, а также более эффективно использовать площадь поля по сравнению с посевом с междурядьем 15 см.

Вместе с тем необходимо отметить, что недостатком данного способа является загущенность семян на погонном метре рядка. Усовершенствование узкорядного дискового сошника заключается в установке между дисками деталей для образо-

вания профиля семенного ложа 3 и рассеивателя семян 4 (рис. 2) [11].

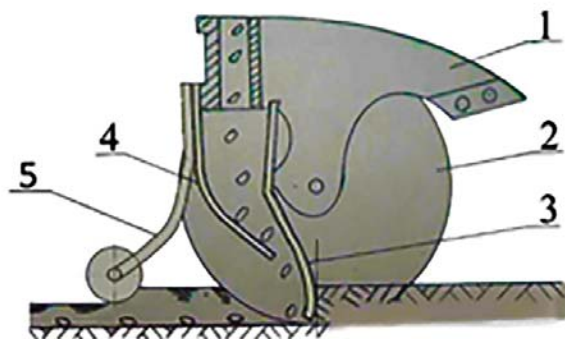
В данной схеме конструкция функционирует следующим образом. Деталь для образования профиля семенного ложа 3 формирует семенное ложе, сдвинув почву с междурядья к дискам на глубине заделки семян. Приспособление для рассеивания семян 4 распределяет их полосой между дисками (рис. 2).

Недостатком данного сошника является то, что после посева семена попадают в рыхлую почву и медленно прорастают из-за недостаточного контакта с почвой и по мере оседания последней подвергаются повреждению, что влечёт за собой их слабое развитие. В рыхлом посевном слое ухудшаются условия для развития семян



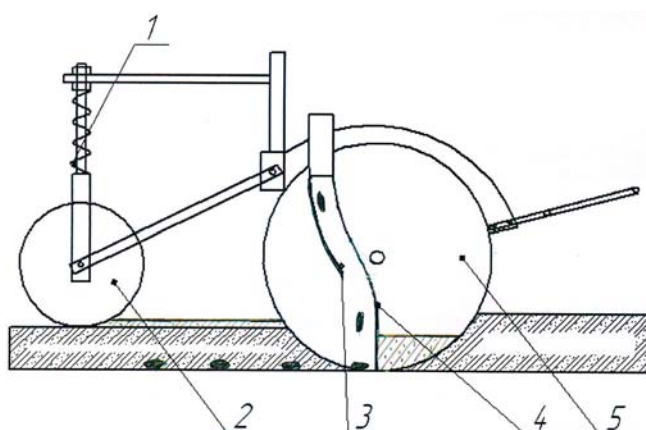
1 – диск; 2 – делительная воронка

Рисунок 1 – Серийный двухдисковый сошник для узкорядного посева



1 – корпус; 2 – диск; 3 – профилеобразователь; 4 – рассеиватель

Рисунок 2 – Схема модернизированного узкорядного сошника



1 – механизм регулировки нажимного усилия катка; 2 – прикатывающий каток; 3 – рассеиватель семян; 4 – профилеобразователь; 5 – ускорядный дисковый сошник

Рисунок 3 – Дисковый сошник с прикатывающим катком

из-за нарушения температурного и пищевого режима, а также происходит излишнее испарение почвенной влаги и повышается вероятность возникновения ветровой эрозии.

В этой связи, была проведена глубокая модернизация сошника, которая заключалась в установке за сошником прикатывающего катка (рис. 3) [7].

Применение метода планирования эксперимента способствует получению достоверной информации об оптимальных условиях технологического процесса и установлению количественных связей между входными и выходными параметрами. Выходные параметры одновременно представляют целевую функцию и критерий оптимизации.

Применение метода экспертных оценок позволяет провести сравнительную оценку влияния рекомендованных экспертами факторов на параметр оптимизации. Далее становится возможным отбор значимых параметров методом априорного ранжирования факторов для последующего активного эксперимента, предварительно исключив некоторых из них. Таким образом, выбирают основные параметры и интервалы их варьирования.

Результаты исследования и их об-суждение. В качестве критерия оптимизации выбрана плотность почвы после прохода катка. Целевая функция имеет вид:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_k) \quad (1)$$

где y – параметр (критерий) оптимизации;
 x_1, x_2, \dots, x_k – независимые переменные (факторы).

Из анализа исследований выбраны параметры, влияющие на оптимальную плотность почвы после прохода сошника с катком на глубину заделки семян:

x_1 – усилие пружины, действующей на каток P , Н;

x_2 – диаметр катка d , м;

x_3 – скорость катка v , м/с;

x_4 – плотность почвы семенного ложа до прохода сошника, Н/м³;

x_5 – твёрдость почвы, Н/м²;

x_6 – влажность почвы, %;

x_7 – расстояние между центрами осей сошника и катка, м.

В результате эксперимента, выполненного методом априорного ранжирования факторов и выбора значимых факторов, целевая функция (1) с учётом параметра оптимизации примет вид:

$$y = f(x_1, x_2, x_3) \quad (2)$$

где x_1 – усилие пружины, действующей на каток P , Н;

x_2 – диаметр катка d , м;

x_3 – скорость катка v , м/с.

Таблица 1 – Факторы, интервалы и уровни варьирования

Уровни и интервалы варьирования факторов	Факторы		
	усилие пружины, действующей на каток $P, Н (x_1)$	диаметр катка $d, м (x_2)$	скорость движения $v, м/с (x_3)$
+1	15	0,22	2,5
0	12	0,20	2,0
-1	9	0,18	1,5
Е	3	0,02	0,5

Для дальнейших исследований, по данным экспертов, при ранжировании факторов определены уровни их варьирования, которые представлены в таблице 1.

После обработки результатов многофакторного эксперимента на персональном компьютере получили расчётную математическую модель второго порядка, описывающую зависимость $y = f(P, d, v)$ в закодированном виде (3):

$$y = 1,064 + 0,007x_1 + 0,005x_2 - 0,0007x_3 + 0,0003x_1x_2 - 0,007x_1x_3 + 0,004x_1^2 - 0,0027x_2^2 + 0,0013x_3^2 \quad (3)$$

Анализ данного уравнения по критерию Фишера показывает, что выбранные факторы можно считать значимыми с 95-процентной достоверностью.

Далее проводим анализ уравнения регрессии (3) с целью построения геометрического образа изучаемой функции и получения отклика в трёхмерном пространстве:

1. При рассмотрении влияния факторов x_1 и x_2 на плотность почвы после прохода катка при стабилизации x_3 на нулевом уровне, получим уравнение регрессии второго порядка (4):

$$y = -0,6224 + 0,0661x_1 + 16,6459x_2 - 0,0157x_1x_2 - 0,0027x_1^2 - 46,0796x_2^2 \quad (4)$$

Данное уравнение в геометрическом образе можно представить в виде эллиптического параболоида, то есть поверхности отклика, имеющий экстремум в виде максимума (рис. 4).

2. При рассмотрении влияния факторов x_1 и x_3 на плотность почвы после прохода катка при стабилизации x_2 на нулевом уровне, получим уравнение регрессии второго порядка (5):

$$y = 1,4099 + 0,0715x_1 - 0,5569x_3 - 0,0004x_1x_3 - 0,003x_1^2 + 0,1244x_3^2 \quad (5)$$

Данное уравнение в геометрическом образе можно представить в виде гиперболического параболоида, имеющего поверхность типа минимакса. В этом случае значение параметра увеличивается при движении из центра фигуры – «седла» по одной оси и уменьшается при движении по другой оси (рис. 5).

3. При рассмотрении влияния факторов x_2 и x_3 на плотность почвы после прохода катка при стабилизации x_1 на нулевом уровне, получим уравнение регрессии второго порядка (6):

$$y = 0,4545 + 13,9688x_2 - 0,4392x_3 + 0,0125x_2x_3 - 38,8948x_2^2 + 0,0933x_3^2 \quad (6)$$

Подобно второму случаю, уравнение в геометрическом образе можно представить в виде гиперболического параболоида, имеющего поверхность типа минимакса. В этом случае значение параметра увеличивается при движении из центра фигуры – «седла» по одной оси и уменьшается при движении по другой оси (рис. 6).

Изучение поверхности отклика с помощью двумерных сечений упрощает анализ результатов исследования.

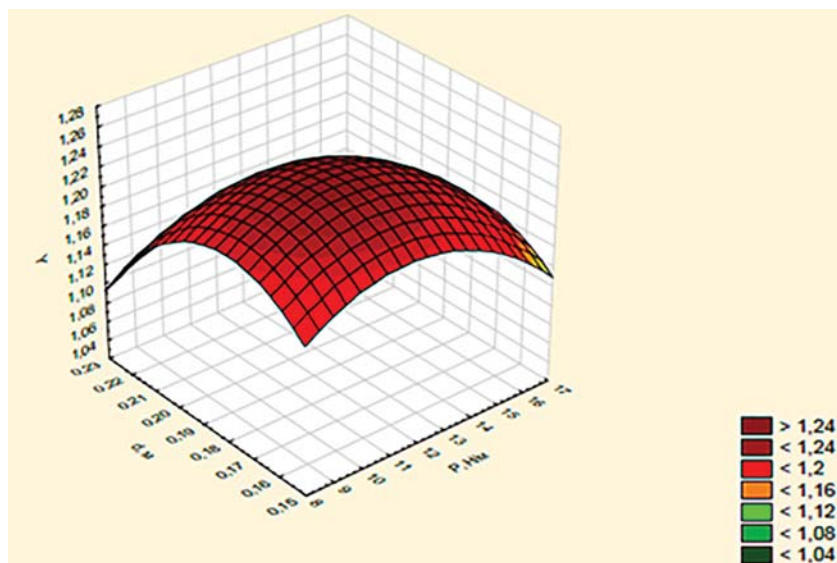


Рисунок 4 – Трёхмерные контурные поверхности, характеризующие плотность почвы после прохода катка (γ) от усилия пружины, действующей на каток P, H (x_1) и диаметра катка d , м (x_2) при скорости катка, v , м/с (x_3 на нулевом уровне)

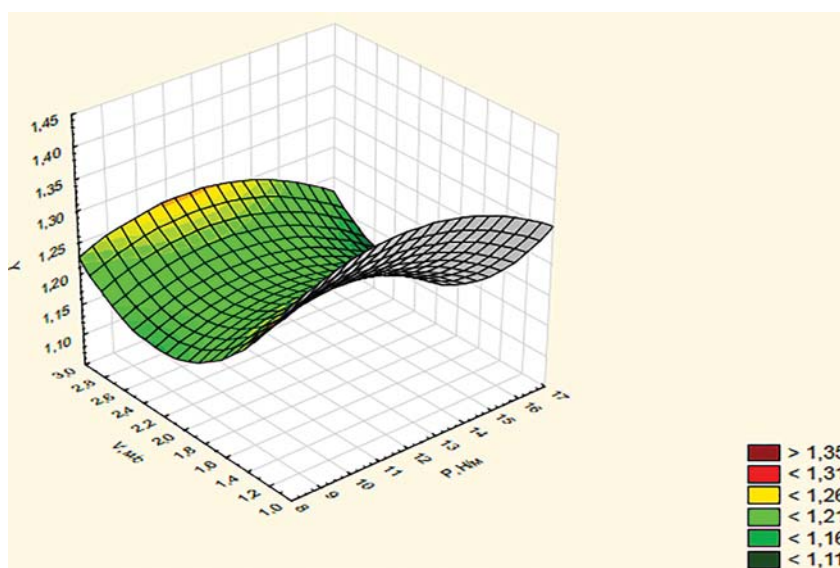


Рисунок 5 – Трёхмерные контурные поверхности, характеризующие плотность почвы после прохода катка (γ) от усилия пружины, действующей на каток P, H (x_1) и скорости катка, v , м/с (x_3) при диаметре катка d , м (x_2 на нулевом уровне)

При рассмотрении параметров влияния факторов x_1 и x_2 при стабилизации x_3 на нулевом уровне получим уравнение (4). Анализ уравнения проводим с помощью двумерных сечений. В данном случае поверхность отклика представляет собой эллипсоид вращения (рис. 7).

Изучение двумерных сечений показывает, что область эксперимента находится в средней части эллиптического

параболоида, включающей его центр, и представляет практический интерес.

Центру эксперимента соответствует плотность почвы после прохода катка (γ), равная $1,24 \text{ г/см}^3$ при жёсткости пружины, действующей на каток P ($x_1 = 11,5 \text{ Н/м}$), диаметре катка d ($x_2 = 0,18 \text{ м}$) и скорости катка, v ($x_3 = 2,0 \text{ м/с}$).

При рассмотрении параметров влияния факторов x_1 и x_3 при стабилизации x_2

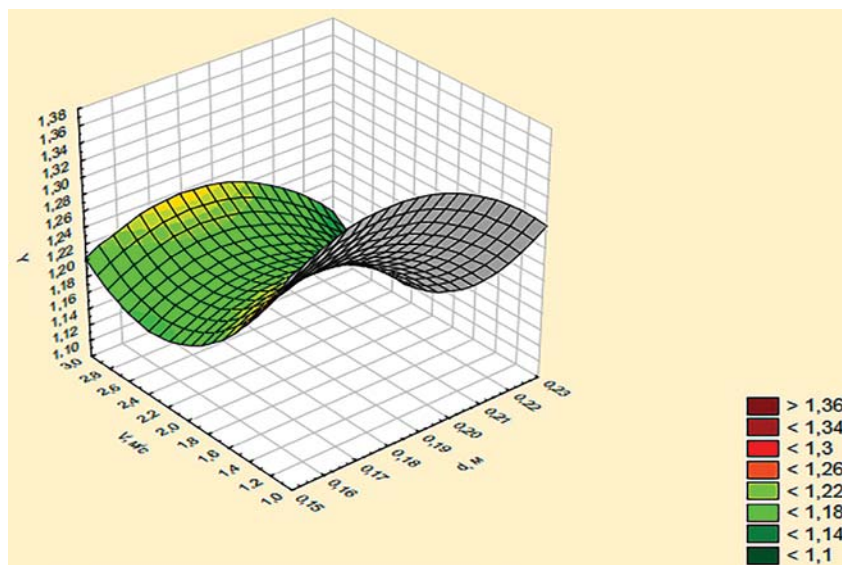


Рисунок 6 – Трёхмерные контурные поверхности, характеризующие плотность почвы после прохода катка (y) от диаметра катка d , м (x_2) и скорости катка, v , м/с (x_3) при усилии пружины, действующей на каток P , Н (x_1 на нулевом уровне)

на нулевом уровне получим уравнение (5). Анализ уравнения проводим с помощью двумерных сечений. В данном случае поверхность отклика представляет собой гиперболический параболоид (рис. 8).

Изучение двумерных сечений показывает, что область эксперимента находится в средней части гиперболического параболоида, включающей его центр, и представляет практический интерес.

Центру эксперимента соответствует плотность почвы после прохода катка (y), равная $1,21 \text{ г/см}^3$ при жёсткости пружины, действующей на каток P ($x_1 = 11,5 \text{ Н/м}$), диаметре катка d ($x_2 = 0,18 \text{ м}$) и скорости катка, v ($x_3 = 2,3 \text{ м/с}$).

При рассмотрении параметров влияния факторов x_2 и x_3 при стабилизации x_1 на нулевом уровне получим уравнение (6). Анализ уравнения проводим с помощью двумерных сечений. В данном случае поверхность отклика представляет собой гиперболический параболоид (рис. 9).

Изучение двухмерных сечений показывает, что область эксперимента находится в средней части гиперболического параболоида, включающей его центр, и представляет практический интерес.

Центру эксперимента соответствует плотность почвы после прохода катка (y), равная $1,18 \text{ г/см}^3$ при жёсткости пружины, действующей на каток P ($x_1 = 12,0 \text{ Н/м}$),

диаметре катка d ($x_2 = 0,18 \text{ м}$) и скорости катка, v ($x_3 = 2,35 \text{ м/с}$).

Таким образом, анализ двумерных сечений показывает, что плотность почвы после прохода катка от $1,18$ до $1,21 \text{ г/см}^3$ соответствует следующим рациональным параметрам исследуемой модели:

- 1) жёсткость пружины, действующей на каток P – от $11,5$ до $12,0 \text{ Н/м}$;
- 2) диаметр катка d – $0,18 \text{ м}$;
- 3) скорость катка v – от $2,0$ до $2,35 \text{ м/с}$;
- 4) ширина катка – $0,12 \text{ м}$.

Заключение. Разработана математическая модель в виде уравнения второго порядка, характеризующая критерий оптимизации в зависимости от комбинации параметров катка с описанием области оптимума. По результатам полного факторного эксперимента получено среднее значение глубины заделки семян соответствующее $6,23 \text{ см}$, при значении параметров:

- 1) усилие, создаваемой пружины F_n от 220 до 228 Н ;
- 2) жёсткость пружины, действующей на каток P – от $11,5$ до $12,0 \text{ Н/м}$;
- 3) диаметр катка d – $0,18 \text{ м}$;
- 4) скорость катка v – от $2,0$ до $2,35 \text{ м/с}$;
- 5) ширина катка – $0,12 \text{ м}$.

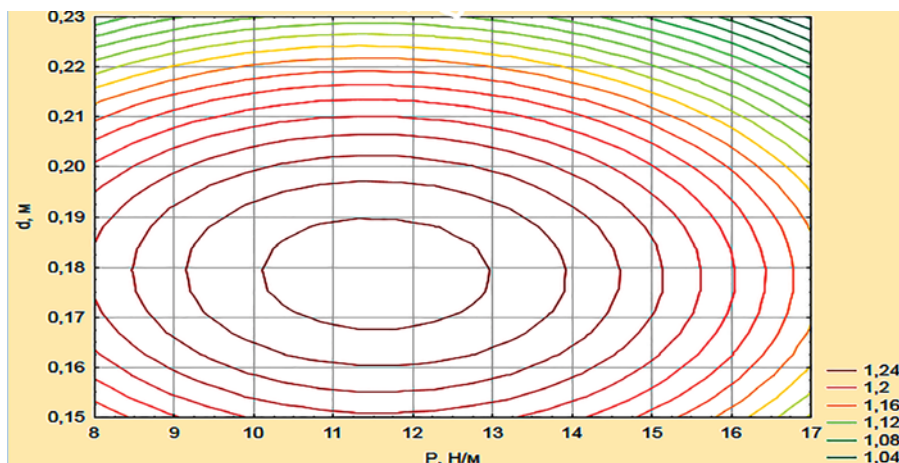


Рисунок 7 – Сечение поверхности отклика, характеризующей зависимость плотности почвы после прохода катка (γ) от усилия пружины, действующей на каток P , Н (x_1) и диаметра катка d , м (x_2) при скорости катка, v , м/с (x_3 на нулевом уровне)

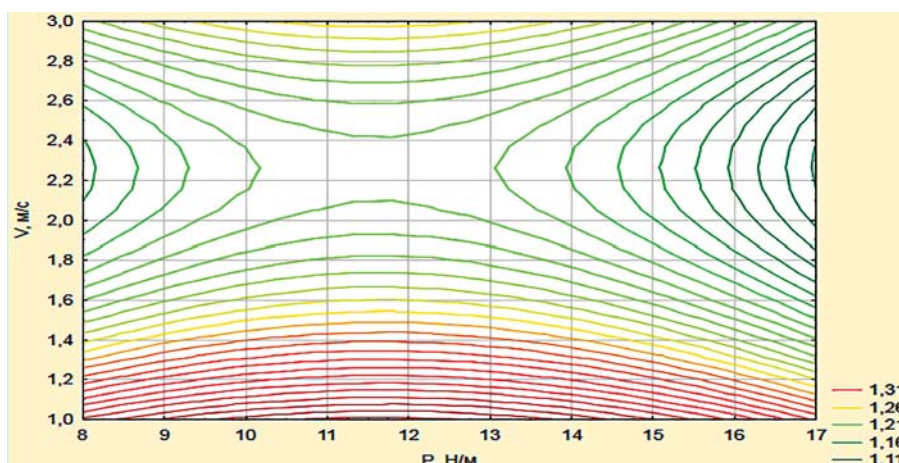


Рисунок 8 – Сечение поверхности отклика, характеризующей зависимость плотности почвы после прохода катка (γ) от усилия пружины, действующей на каток P , Н (x_1) и диаметра катка d , м (x_2) при скорости катка, v , м/с (x_3 на нулевом уровне)

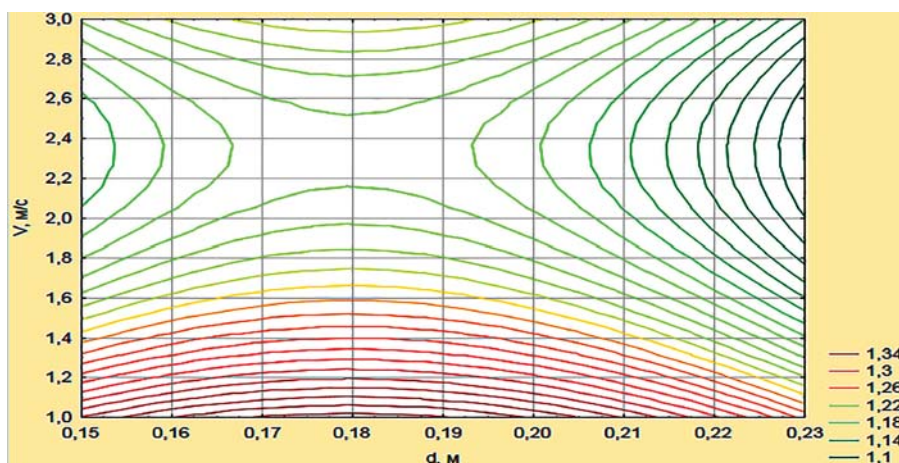


Рисунок 9 – Сечение поверхности отклика, характеризующей зависимость плотности почвы после прохода катка (γ) от усилия пружины, действующей на каток P , Н (x_1) и диаметра катка d , м (x_2) при скорости катка, v , м/с (x_3 на нулевом уровне)

Список источников

1. Джашеев А. М. Обоснование технологических параметров сеялки для заделывания мелких семян в почву // Техника и оборудование для села. 2020. № 2. С. 16–18.
2. Епифанцев В. В., Осипов Я. А., Вайтехович Ю. А. Сошники для выращивания экологически безопасной сои // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2020. № 3. С. 59–65.
3. Кобяков И. Д., Шевченко А. П., Евченко А. В. Зерновая сеялка для полосного посева // Сельский механизатор. 2019. № 12. С. 12.
4. Овтов В. А., Абросимов М. Ю. Сошник для посева для мелкосеменных культур // Сельский механизатор. 2020. № 7. С. 11–12.
5. Припоров Е. В. Анализ сошников отечественных сеялок для ресурсосберегающей технологии // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (72). С. 175–178.
6. Рабочие органы посевных машин для возделывания зерновых культур / Н. С. Яковлев, Н. М. Иванов, Н. Н. Назаров, В. В. Маркин // Достижения науки и техники АПК. 2019. № 10. С. 76–80.
7. Раднаев Д. Н., Калашников С. С., Бадмацыренов Д.-Ц. Б., Калашников С. Ф. Сошник : пат. № 196015. Рос. Федерация. № 2019112132 ; заявл. от 02.04.2019 ; опубл. 13.02.2020, Бюл. № 5. 5 с.
8. Руденко Н. Е., Кулаев Е. В., Руденко В. Н. Многофункциональный сошник пропашной сеялки // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2018. № 4. С. 26–31.
9. Система земледелия Республики Бурятия : научно-практические рекомендации // под ред. А. П. Батудаева. Улан-Удэ : Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, 2018. 349 с.
10. Совершенствование сошника для посева льна / Б. И. Горбунов, А. В. Пасин, Е. И. Кистанов [и др.] // Сельский механизатор. 2018. № 3. С. 11.
11. Тумурхонов В. В., Раднаев Д. Н., Лобанов И. Ф., Прокопьев С. Н. Сошник : пат. № 2427124. Рос. Федерация. № 2010110214/21 ; заявл. 17.03.2010 ; опубл. 27.08.2011, Бюл. № 24. 4 с.

References

1. Dzhasheev A. M. Obosnovanie tekhnologicheskikh parametrov seyalki dlya zadelyvaniya melkih semyan v pochvu [Justification of the technological parameters of the seeder for embedding small seeds in the soil]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela. – Machinery and equipment for the village*, 2020; 2: 16–18 (in Russ.).
2. Epifantsev V. V., Osipov Ya. A., Vaitekhovich Yu. A. Soshniki dlya vyrashchivaniya ekologicheski bezopasnoj soi [Coulters for growing environmentally safe soybeans]. *Sel'skokozyajstvennyye mashiny i tekhnologii. – Agricultural machinery and technology*, 2020; 3: 59–65 (in Russ.).
3. Kobayakov I. D., Shevchenko A. P., Evchenko A. V. Zernovaya seyalka dlya polosnogo poseva [Grain seeder for strip sowing]. *Sel'skij mekhanizator. – Rural machine operator*, 2019; 12: 12 (in Russ.).
4. Ovtov V. A., Abrosimov M. Yu. Soshnik dlya poseva dlya melkosemennykh kul'tur [Coulter for sowing for small-seeded crops]. *Sel'skij mekhanizator. – Rural machine operator*, 2020; 7: 11–12 (in Russ.).
5. Priporov E. V. Analiz soshnikov otechestvennykh seyalok dlya resursosberegayushchej tekhnologii [Analysis of coulters of domestic seeders for resource-saving technology]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*, 2018; 4 (72): 175–178 (in Russ.).
6. Yakovlev N. S., Ivanov N. M., Nazarov N. N., Markin V. V. Rabochie organy posevnykh mashin dlya vozdelevaniya zernovykh kul'tur [Working bodies of sowing machines for cultivation

of grain crops]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – Achievements of science and technology of agriculture*, 2019; 10: 76–80 (in Russ.).

7. Radnaev D. N., Kalashnikov S. S., Badmatsyrenov D.-Ts. B., Kalashnikov S. F. Soshnik [Coulter] *Patent RF, no 196015 patenton.ru 2020* Retrieved from <https://patenton.ru/patent/RU196015C2> (Accessed 14 January 2021) (in Russ.).

8. Rudenko N. E., Kulaev E. V., Rudenko V. N. Multifunkcional'nyj soshnik propashnoj seyalki [Multifunctional ploughshare planter]. *Traktory i sel'skohozyajstvennyye mashiny. – Tractors and agricultural machines*, 2018; 4: 26–31 (in Russ.).

9. Batudaev A. P. (Eds.). *Sistema zemledeliya Respubliki Buryatiya: nauchno-prakticheskie rekomendacii [Agriculture system of the Republic of Buryatia : scientific and practical recommendations]*, Ulan-Ude, Buryatskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya imeni V. R. Filippova, 2018, 349 p. (in Russ.).

10. Gorbunov B. I., Pasin A. V., Kistanov E. I., Oshurkov M. V., Pasin P. A., Zavyalov A. V. Sovershenstvovanie soshnika dlya poseva l'na [Improvement of the coulter for sowing flax]. *Sel'skij mekhanizator. – Rural machine operator*, 2018; 3: 11 (in Russ.).

11. Tumurkhonov V. V., Radnaev D. N., Lobanov I. F., Prokopyev S. N. [Coulter] *Patent RF, no 2427124 patenton.ru 2011* Retrieved from <https://patenton.ru/patent/RU2427124C2> (Accessed 14 January 2021) (in Russ.).

© Раднаев Д. Н., Калашников С. С., Бадмацыренов Д.-Ц. Б., Дамбаева Б. Е., 2022

Статья поступила в редакцию 14.03.2022; одобрена после рецензирования 11.04.2022; принята к публикации 18.05.2022.

The article was submitted 14.03.2022; approved after reviewing 11.04.2022; accepted for publication 18.05.2022.

Информация об авторах

Раднаев Даба Нимаевич, доктор технических наук, доцент, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, daba01@mail.ru;

Калашников Сергей Сергеевич, кандидат технических наук, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова;

Бадмацыренов Дугар-Цырен Баярович, старший преподаватель, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, dugar-avto03@mail.ru;

Дамбаева Баирма Ефимовна, ассистент, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, baira86@mail.ru

Information about authors

Daba N. Radnaev, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov, daba01@mail.ru;

Sergei S. Kalashnikov, Candidate of Technical Sciences, Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov;

Dugar-Tsyren B. Badmatsyrenov, Senior Lecturer, Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov, dugar-avto03@mail.ru;

Bairma E. Dambaeva, Assistant, Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov, baira86@mail.ru