

УДК 631.331.86

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-3-106-115

### Обоснование рациональных параметров сошника для посева зерновых культур с внесением удобрений ниже уровня семян

Даба Нимаевич Раднаев<sup>1</sup>, Ольга Гениановна Зимина<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова,  
Республика Бурятия, Улан-Удэ, Россия

<sup>1</sup> daba01@mail.ru, <sup>2</sup> oid67@mail.ru

**Аннотация.** В современных условиях с особой остротой встает проблема технического перевооружения и модернизации агропромышленного комплекса Забайкалья. В большей части конструкций сеялок для посева семян зерновых культур и внесения удобрений и тот, и другой процесс осуществляется совместно в один ряд. При этом происходит нежелательное химическое воздействие удобрений на семена, которое приводит к снижению темпа развития растений и даже к их гибели. Также наблюдается изменение направления роста корневой системы культурных растений под влиянием химических веществ. Наиболее благоприятным является посев с внесением удобрений ниже уровня семян, что позволяет корням растений развиваться в направлении источника питания, образуя мощную корневую систему. Разработан сошник для посева зерновых культур с внесением удобрений ниже уровня семян. Конструкция предлагаемого комбинированного сошника для посева семян зерновых культур позволяет значительно увеличить равномерность заделки семян по глубине, создать им наиболее оптимальные условия для произрастания, что позволяет повысить урожайность. В статье приводятся результаты исследований по оптимизации и математическому описанию сложных многофакторных процессов. Применение математических методов планирования эксперимента позволяют ставить и решать задачи более оперативно, по сравнению с традиционными методами исследования. При планировании эксперимента в первую очередь выбирается критерий оптимизации, по которому оценивается исследуемый объект, и который связывает факторы в математическую модель. Главное – стремиться к тому, чтобы критерий оптимизации был один, имел ясный физический смысл и количественную оценку. В качестве критерия оптимизации был выбран параметр равномерности глубины заделки семян комбинированным сошником, который тесно коррелируется с устойчивостью хода в вертикальной плоскости. Разработаны рациональные значения основных параметров сошника для посева и внесения удобрений ниже уровня семян в зависимости от равномерности глубины заделки семян.

**Ключевые слова:** лаповый сошник, уровень семян и удобрений, планирование эксперимента, оптимизация параметров

**Для цитирования:** Раднаев Д. Н., Зимина О. Г. Обоснование рациональных параметров сошника для посева зерновых культур с внесением удобрений ниже уровня семян // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. Вып. 3 (59). С. 106–115.

### Justification of rational parameters of the coulter for grain crops sowing with fertilizer application below the seed level

Daba N. Radnaev<sup>1</sup>, Olga G. Zimina<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> The Buryat State Academy of Agriculture, Republic of Buryatia, Ulan-Ude, Russia

<sup>1</sup> daba01@mail.ru, <sup>2</sup> oid67@mail.ru

**Abstract.** In modern conditions, the problem of technical re-equipment and modernization of the agro-industrial complex of Transbaikalia arises with particular urgency. In most of the designs of seeders for grain seeds sowing and fertilizing application are carried out together in one row. In this case, an undesirable chemical effect of fertilizers on seeds occurs, which leads to a decrease in

the rate of plant development and even its death. There is also a change in the direction of growth of the root system of cultivated plants under the influence of chemicals. Sowing with fertilization below the seed level is the most favorable as it allows the plant roots to develop towards the source of nutrition, forming a powerful root system. The coulter for grain crops sowing with fertilization below the seed level has been developed. The design of the proposed combined coulter for sowing seeds of grain crops can significantly increase the uniformity of seeding in depth, create the most optimal conditions for their growth, which allows you to increase the yield. The article presents the results of research on optimization and mathematical description of complex multifactorial processes based on the use of mathematical methods for planning an experiment, which make it possible to set and solve problems more quickly than traditional research methods. When planning an experiment, first of all, an optimization criterion is selected, according to which the investigated object is evaluated, and which links the factors into a mathematical model. The main thing is to strive to ensure that the optimization criterion is single, and has a clear physical meaning and quantitative assessment. The parameter of the uniformity of the seeding depth by the combined coulter was chosen as an optimization criterion, which is closely correlated with the stability of the stroke in the vertical plane. Rational values of the main parameters of the coulter for sowing and fertilizing below the seed level have been developed, depending on the uniformity of the seeding depth.

**Keywords:** paw coulter, level of seeds and fertilizers, experiment planning, optimization of parameters

**For citation:** Radnaev D. N., Zimina O. G. Justification of rational parameters of the coulter for grain crops sowing with fertilizer application below the seed level. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik = Far Eastern Agrarian Herald*. 2021; 3 (59); 106–115.

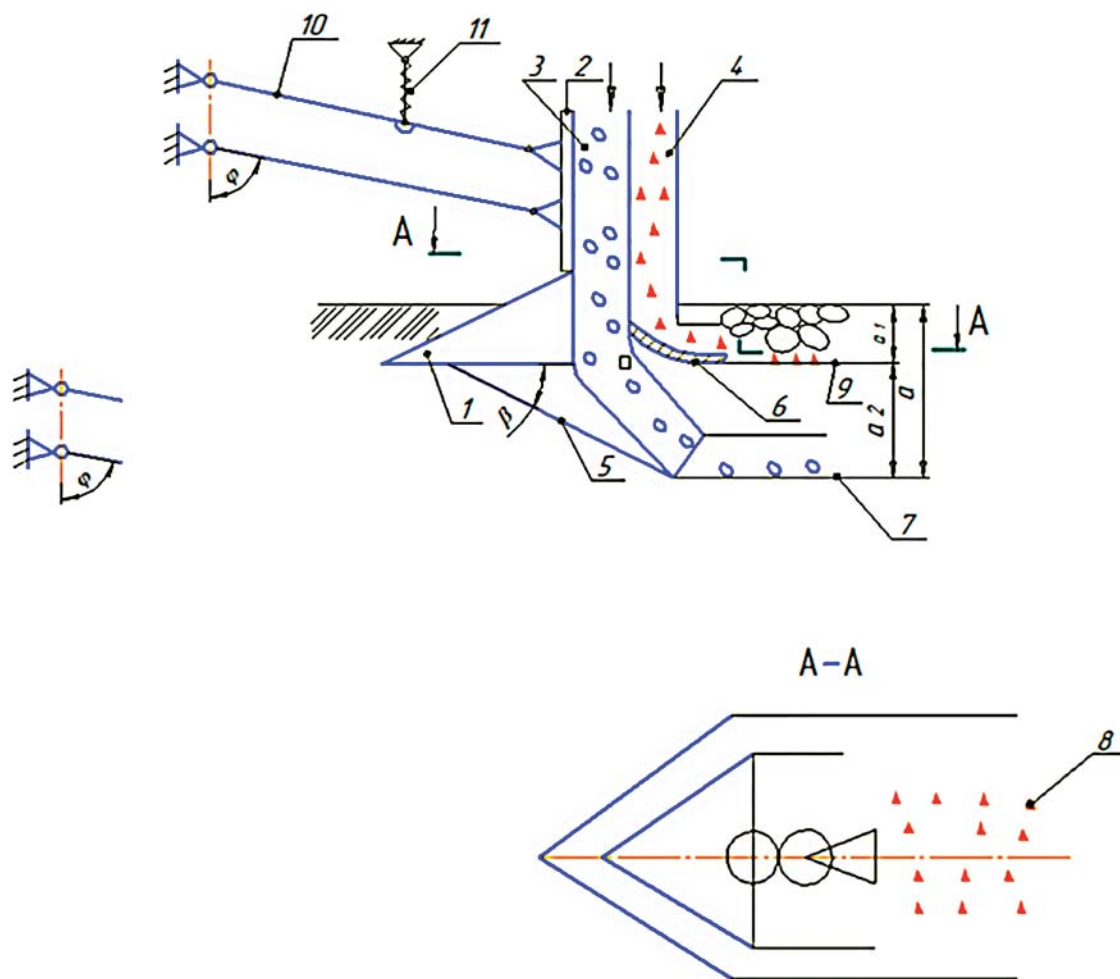
**Введение.** К техническому средству для посева предъявляется ряд требований агрономического характера [1, 2, 5]. Культурные растения должны быть поставлены в условия достаточного обеспечения влагой, светом, воздухом, питательными веществами и теплом. Так называемая норма высева семян, выражаемая в килограммах или центнерах на гектар, устанавливается для разных культур в разных районах опытным путем (при определенном способе посева). Этой нормой, в среднем, определяется величина площади, приходящаяся на одно растение. Однако давно уже было замечено, что культурные растения реагируют не только на величину площади, отводимой на одно растение, но и на форму этой площади, так как от формы площади, прежде всего, зависит степень использования растением световой энергии. По опытным данным, за оптимальную форму площади, занимаемой одним растением, можно принять квадрат или круг. Так, для пшеницы площадь под одним растением должна представлять собой квадрат со стороной 4–5 см, а норма высева на один гектар в килограммах должна определяться по числу всхожих зерен (по полевой всхожести) с учетом их абсолютного веса. Однако еще нет сеялок, способных осуществлять такой посев. Глубина расположения семян в рядках должна быть одинаковой, отклонение от заданной глубины допускается не более чем плюс (минус) один сантиметр для 80% от всего количества семян, посеянных с

соблюдением рациональной площади питания, близкой к форме круга [8, 9, 13].

В большей части конструкций сеялок заделка семян и внесение удобрений в почву осуществляется совместно в один рядок. При этом происходит нежелательное химическое воздействие удобрений на семена, что приводит к отрицательным последствиям развития культурных растений. Также наблюдается изменение направления роста корневой системы культурных растений под влиянием химических веществ. Наиболее благоприятным является посев с внесением удобрений ниже уровня семян, который позволяет растениям развиваться в направлении источника питания, образуя мощную корневую систему [4, 6, 10]. Разработан сошник для посева зерновых культур с внесением удобрений ниже уровня семян [11, 12].

**Цель работы.** Разработать и обосновать основные параметры сошника подпочвенно-полосового посева с внесением удобрений ниже уровня семян.

**Методика исследований.** На кафедре механизации сельскохозяйственных процессов Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В. Р. Филиппова проведены работы по разработке конструкции сошника для посева семян и внесения удобрений ниже уровня семян, с обоснованием расстояния между уровнями семян и удобрений, равного 3,4 см [3] (рис. 1).



- 1 – лапа стрельчатая; 2 – стойка; 3 – туконаправитель; 4 – направитель семян;  
 5 – нож туконаправителя; 6 – скатная пластина; 7 – слой внесения удобрений; 8 – семена;  
 9 – слой посева семян; 10 – поводок параллелограммного механизма; 11 – пружина

**Рисунок 1 – Комбинированный сошник**

Сошник содержит стрельчатую лапу 1, прикрепленную к стойке 2, туконаправитель 3, направитель семян 4, нож туконаправителя 5, скатную пластину 6. Устройство работает следующим образом: стрельчатая лапа 1 подрезает пласт и рыхлит почвенный слой. Семена зерновых культур по семяпроводу поступают в направитель семян 4, откуда на скатную пластину 6, где семенной поток рассеивается по семенному ложу 9 полосой до 10–12 сантиметров в подсошниковом пространстве. Нож-тукораспределитель 5, имеющий форму клина, подрезает слой почвы, образует ложе 7 для удобрений, расположенное ниже уровня семян. Таким образом, образуется почвенная прослойка между семенами и удобрениями.

Устойчивость движения комбинированного сошника, которая тесно коррелирует с равномерностью глубины заделки семян, зависит от угла отклонения ( $\varphi$ ) поводка сошника, угла наклона ( $\beta$ ) ножа туконаправителя, от значений высоты подвеса параллелограммного механизма навески и длины поводков.

Техническое средство в виде модернизированного устройства для посева и внесения удобрений ниже уровня семян зерновых культур позволяет значительно повысить устойчивость хода по глубине, что позволяет создать благоприятные условия в начальный период развития растений. В дальнейшем данное условие приводит к повышению урожайности.

Планирование эксперимента дает возможность использовать его не только как способ обработки экспериментальных данных, но и позволяет оптимально ор-

Таблица

**Факторы, влияющие на глубину заделки семян**

Обозначение		Наименование факторов	Уровни варьирования	
кодир. вид	натур. вид		-1	+1
$X_1$	$z$	Жесткость пружины, Н/м	6	12
$X_2$	$\beta$	Угол заострения клина туконаправителя	20	40
$X_3$	$v$	Скорость движения агрегата, м/с	1,5	2,5
$X_4$	$h$	Расстояние между уровнями семян и удобрений, м	0,025	0,045
$X_5$	$l$	Длина поводка параллелограммного механизма, м	0,270	0,300
$X_6$	$F_n$	Усилие, создаваемое пружиной, Н	200	240

ганизовывать эксперимент с обработкой их при помощи прикладных программ на ПЭВМ для повышения скорости расчетов. «При планировании эксперимента вначале необходимо выбрать критерий оптимизации, который оценивает исследуемый объект и связывает факторы в математическую модель. При этом необходимо учитывать, чтобы критерий оптимизации был один, имел ясный физический смысл и количественную оценку» [7]. Устойчивость хода сошника в вертикальной плоскости является критерием оптимизации, ибо она коррелируется с равномерностью глубины заделки семян. Далее выбирают управляемые факторы, то есть переменные параметры, воздействие которых во время эксперимента можно изменять по усмотрению экспериментатора, и которые способны принимать определенные значения с достаточной точностью.

При этом целевая функция имеет вид:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_k), \tag{1}$$

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

После анализа исследований в данной области нами выбрано шесть факторов и уровни их варьирования, влияющие на глубину заделки семян (таблица).

Методика априорного ранжирования и конкретные задачи исследований позволяют выделить наиболее существенные факторы, влияющие на устойчивость хода по глубине сошника: жесткость пружины; угол заострения клина туконаправителя; скорость движения агрегата.

После ранжирования и выбора значимых факторов целевая функция (1) примет вид:

$$y = f(x_1, x_2, x_3) \tag{2}$$

**Основная часть.** В результате получили нелинейное уравнение регрессии, которое описывает рассматриваемый процесс:

$$y = 46,22 - 21,128 \cdot x_1 - 16,247 \cdot x_2 - 11,82 \cdot x_3 + 0,21 \cdot x_1^2 + 0,16 \cdot x_2^2 + 0,12 \cdot x_3^2 + 0,0013 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,0013 \cdot x_1 \cdot x_3 - 0,0015 \cdot x_2 \cdot x_3 \tag{3}$$

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

Далее проводим анализ уравнения регрессии (3) с целью построения картины в двух- или трехмерном пространстве.

1. Рассмотрим  $X_1$  и  $X_2$  при  $X_3=0$  (нулевой уровень). Тогда получим уравнение:



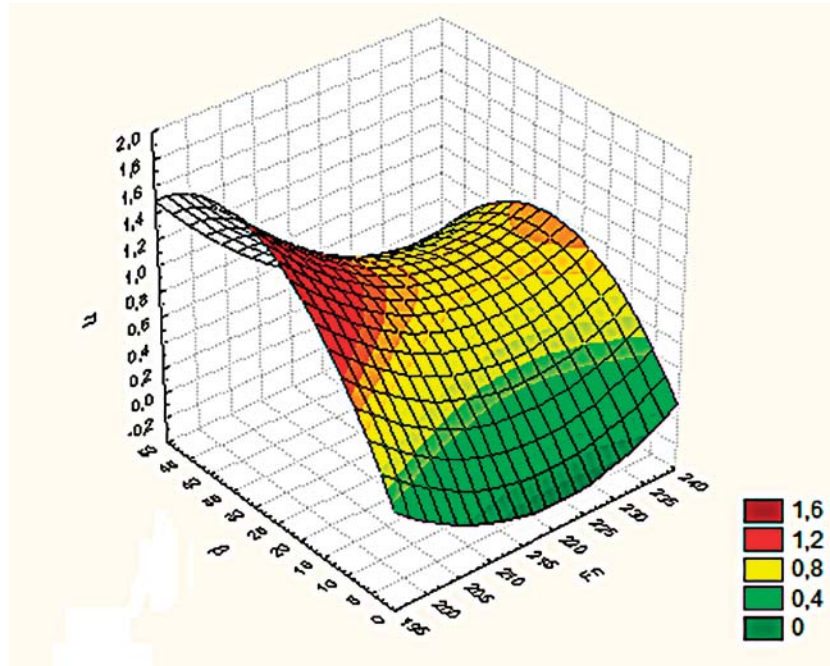


Рисунок 2 – Поверхность отклика, характеризующая корреляционное отношение ( $\eta$ ), учитывающее тесноту связи неравномерности распределения семян по глубине заделки в зависимости от усилия пружины ( $F_n$ ) и угла клина туконаправителя ( $\beta$ )

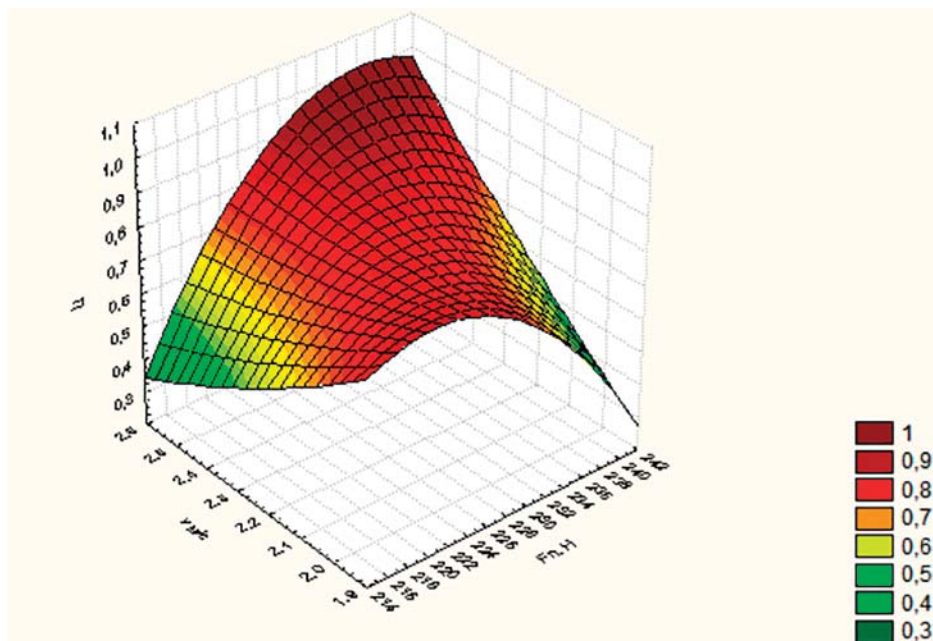


Рисунок 3 – Поверхность отклика, характеризующая корреляционное отношение ( $\eta$ ), учитывающее тесноту связи неравномерности распределения семян по глубине заделки в зависимости от усилия пружины ( $F_n$ ) и скорости передвижения ( $v$ )

$$Y = 950,3465 - 63,3735 \cdot X_1 - 9,1293 \cdot X_2 + 2,9227 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,2644 \cdot X_1^2 + 0,2956 \cdot X_2^2 \quad (4)$$

Имеем геометрическую поверхность отклика (4), характеризующую корреляционное отношение ( $\eta$ ) в зависимости от

усилия, создаваемого пружиной ( $F_n$ ) и угла клина туконаправителя ( $\beta$ ) при скорости передвижения сошника ( $v$ ) на нулевом уровне (рис. 2).

Данное уравнение в геометрическом образе можно представить в виде «седла» – типа минимакса.

2. Рассмотрим влияние факторов  $X_1$  и  $X_3$  на равномерность распределения семян по глубине заделки при стабилизации  $X_2$  на нулевом уровне. Тогда получим уравнение регрессии второго порядка:

$$Y = 101,4577 - 1,6634 \cdot X_1 - 36,2523 \cdot X_3 + 0,0688 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,326 \cdot X_1^2 + 5,84662 \cdot X_3^2 \quad (5)$$

Имеем геометрическую поверхность отклика (5), характеризующую корреляционное отношение ( $\eta$ ) в зависимости от усилия, создаваемого пружиной ( $F_n$ ), скорости передвижения сошника ( $v$ ) и угла клина туконаправителя ( $\beta$ ) на нулевом уровне (рис. 3).

С учетом известной классификации поверхностей второго порядка установили вид гиперболического параболоида, что соответствует поверхности типа минимакса.

3. Рассмотрим влияние факторов  $X_2$  и  $X_3$  на плотность почвы после прохода катка при стабилизации  $X_1$  на нулевом уровне. Тогда получим уравнение регрессии второго порядка:

$$Y = 42,9868 + 3,103 \cdot X_2 - 44,6 \cdot X_3 - 0,040 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,1813 \cdot X_2^2 + 6,3674 \cdot X_3^2 \quad (6)$$

Имеем геометрическую поверхность отклика (6), показывающую корреляционное отношение ( $\eta$ ) в зависимости от угла клина туконаправителя ( $\beta$ ) и скорости передвижения сошника ( $v$ ) при ( $F_n$ ) на нулевом уровне (рис. 4).

Данное уравнение в геометрическом образе выглядит в виде эллипсоида вращения, то есть поверхность отклика имеющий экстремум.

Анализ исследования облегчается приемом из серии двумерных сечений.

Рассмотрим корреляционное отношение, характеризующее глубину заделки семян в зависимости от  $X_1$  и  $X_2$  при стабилизации  $X_3$  на нулевом уровне (рис. 5).

Анализ сечений показывает оптимум корреляционного отношения  $\eta=0,8$  при значениях: усилие, создаваемое пружиной  $F=227\text{ Н}$ ; угол клина туконаправителя  $\beta=28^\circ$ .

Рассмотрим коэффициент корреляции, характеризующей глубину заделки семян в зависимости от  $X_1$  и  $X_3$  при стабилизации  $X_2$  на нулевом уровне (рис. 6).

Анализ сечения поверхности отклика показал, что оптимальное значение корреляционного отношения  $\eta=0,8$  может быть обеспечено при следующих факторов: усилие, создаваемое пружиной

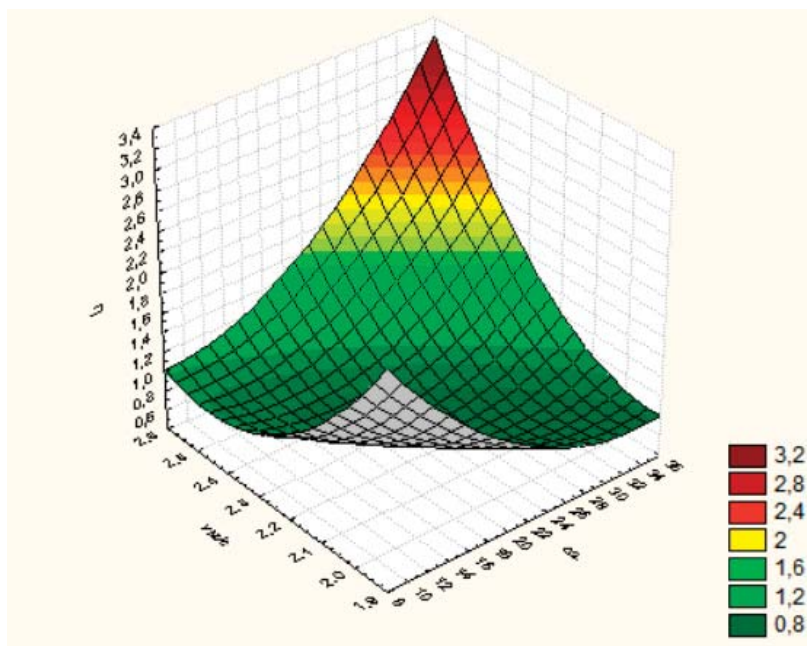


Рисунок 4 – Поверхность отклика, характеризующая корреляционное отношение ( $\eta$ ), учитывающее тесноту связи неравномерности распределения семян по глубине заделки в зависимости от скорости передвижения ( $v$ ) и угла клина туконаправителя ( $\beta$ )

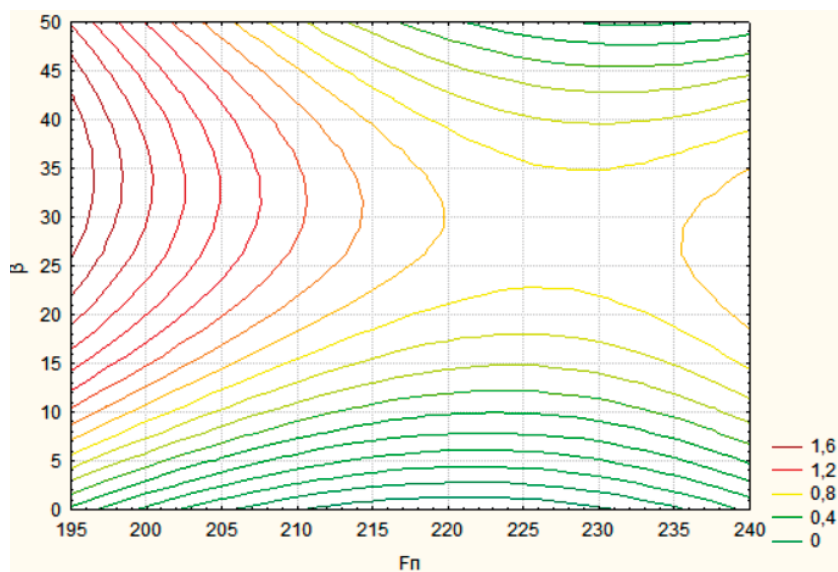


Рисунок 5 – Сечение поверхности отклика, характеризующее корреляционное отношение ( $\eta$ ) учитывающего тесноту связи неравномерности распределения семян по глубине заделки в зависимости от усилия пружины ( $F_n$ ) и угла клина туконаправителя ( $\beta$ )

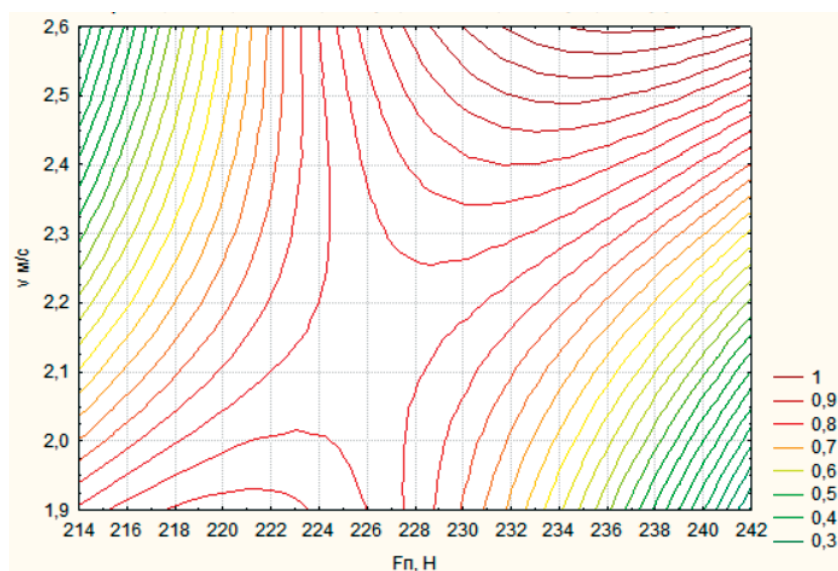


Рисунок 6 – Сечение поверхности отклика, характеризующее корреляционное отношение ( $\eta$ ) учитывающего тесноту связи неравномерности распределения семян по глубине заделки в зависимости от усилия пружины ( $F_n$ ) и скорости передвижения ( $v$ )

$F_n = 228 \text{ H}$ ; скорость передвижения  $v = 2,15 \text{ м/с}$ .

Рассмотрим корреляционное отношение, характеризующее глубину заделки семян в зависимости от  $X_2$  и  $X_3$ , при стабилизации  $X_1$  на нулевом уровне (рис. 7).

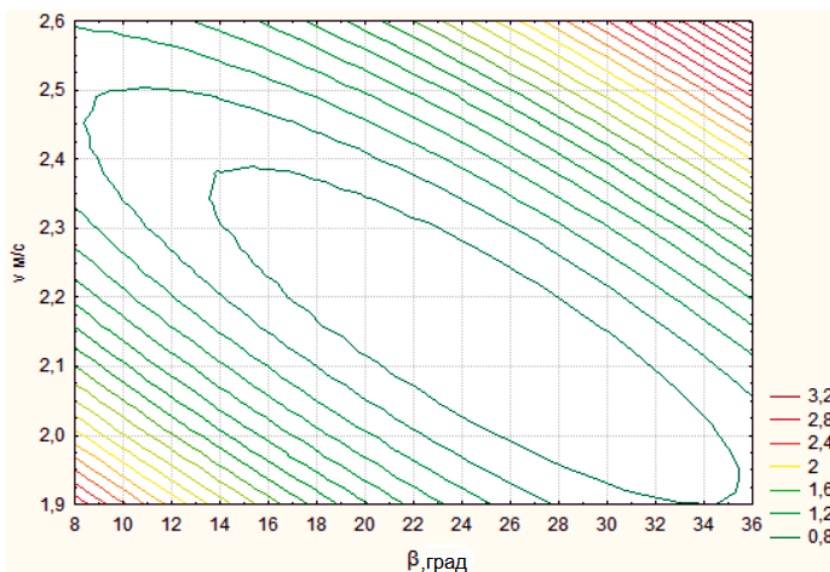
Анализ сечения показал, что оптимальные значения корреляционного отношения  $\eta = 0,8$ , учитывающего неравномерность глубины заделки семян могут быть обеспечены при следующих факторах:

угол клина туконаправителя  $\beta = 24^\circ$ ; скорость передвижения  $v = 2,16 \text{ м/с}$ .

#### Заключение.

1. Обработка экспериментальных исследований позволила разработать модели оптимальных условий протекания технологического процесса, в частности, устойчивости хода сошника в продольно-вертикальной плоскости, которая тесно коррелируется с неравномерностью глубины заделки семян.





**Рисунок 7 – Сечение поверхности отклика, характеризующее корреляционное отношение ( $\eta$ ) учитывающего тесноту связи неравномерности распределения семян по глубине заделки в зависимости от угла клина туконаправителя ( $\beta$ ) и скорости передвижения ( $v$ )**

2. Лабораторно-полевые исследования позволили выявить, что неравномерность распределения семян при посеве на глубину 7 см находится в достаточно тесной связи с включенными в модель параметрами и допустимое отклонение составляет  $\pm 1$  см, что соответствует агротехническим требованиям.

3. Корреляционное отношение  $\eta=0,8$  соответствует следующим рациональным

параметрам: усилие, создаваемой пружиной  $F = 220-228$  Н, угол клина туконаправителя  $\beta=24-30$  град. и скорость передвижения агрегата  $v=2,0-2,15$  м/с. Взаимная теснота связи всех трех параметров достаточно сильная, отсюда следует вывод о понятной функциональной связи, выражаемой представленными уравнениями.

### Список литературы

1. Демчук, Е. В. Определение качества распределения семян зерновых культур двухленточным сошником / Е. В. Демчук, Ю. В. Демчук // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2013. – № 5. – С. 41–42.
2. Демчук, Е. В. Исследования равномерности распределения семян зерновых культур комбинированным сошником / Е. В. Демчук, А. С. Союнов, В. В. Мяло, П. В. Чуприн // Омский научный вестник. – 2015. – № 1. – С. 105–110.
3. Зимина, О. Г. Разработка рабочего органа для послойного посева семян зерновых культур и внесения удобрений / О. Г. Зимина, Д. О. Тыскинеев // Технология и технические средства в АПК : сб. науч. тр. – Улан-Удэ : Изд-во ВСГУТУ, 2013. – С. 53–58.
4. Исенов, К. Г. Обоснование конструктивных и технологических параметров сошника для раздельного внесения минеральных удобрений : дис. на соиск. учён. степ. доктора философии: 6D0806 / Исенов Казбек Галымтаевич ; Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина. – Астана, 2017. – 100 с.
5. Кем, А. А. Равномерный высев мелкосеменных культур / А. А. Кем, Д. Н. Алгазин // Сельский механизатор. – 2009. – № 10. – С.12–13.
6. Кобяков, И. Д. Зерновая сеялка для полосного посева / И. Д. Кобяков, А. П. Шевченко, А. В. Евченко // Сельский механизатор. – 2019. – № 12. – С. 12.



7. Колинько, А. А. Параметры и режимы процесса посева зерновых культур с одновременным внесением минеральных удобрений : автореф. дис. на соиск. учён. степ. канд. техн. наук : 05.20.01 / Колинько Алексей Александрович ; Донской государственный технический университет. – Ростов-на-Дону, 2020. – 19 с.
8. Курдюмов, В. И. Оптимизация параметров и режимов работы сошника для разнорядного высева семян и удобрений / В. И. Курдюмов, Е. С. Зыкин, Г. Л. Татаров // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2015. – №4 (32). – С. 195–200.
9. Мударисов, С. Г. Рабочий орган для разнорядного внесения удобрений и посева семян / С. Г. Мударисов, Р. И. Аминов, И. М. Фархутдинов, А. М. Мухаметдинов // Сельский механизатор. – 2019. – № 5. – С. 8–9.
10. Мухаметдинов, А. М. Разработка комбинированного сошника для разноглубинного внесения удобрений и посева семян : автореф. дис. на соиск. учён. степ. канд. техн. наук : 05.20.01 / Мухаметдинов Айрат Мидхатович ; Башкир. гос. аграр. ун-т. – Уфа, 2012. – 20 с.
11. Патент на полезную модель РФ №155428. АО/С 7/02. Сошник комбинированный. Сергеев Ю. А., Зимина О. Г., Тыскенеев Д. О., Галсанов Б. К., № 2014142613 ; заявл. 16.10.2014 ; опублик. 10.10. 2015 ; Бюл. №28.
12. Раднаев, Д. Н. Теоретические предпосылки к обоснованию устойчивости хода комбинированного сошника / Д. Н. Раднаев, О. Г. Зимина : / Актуальные вопросы развития аграрного сектора экономики Байкальского региона : сб. матер. всероссийской науч.-практ. конф. – Улан-Удэ : Изд-во БГСХА, 2020. – С. 111–115.
13. Способы посева. – URL:<http://mse-online.ru/zemledelie/sposoby-poseva.html> (дата обращения: 06.05.2015).

## References

1. Demchuk, E. V., Demchuk, Yu. V. Opredeleniye kachestva raspredeleniya semyan zernovykh kul'tur dvukhlentochnym soshnikom (Determination of the distribution quality of seeds of grain crops by a double-tape coultter), Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny, 2013, No.5, PP. 41–42.
2. Demchuk, E. V., Soyunov, A.S., Myalo, V.V., Chuprin, P.V. Issledovaniya ravnomernosti raspredeleniya semyan zernovykh kul'tur kombinirovannym soshnikom [Tekst] (Studies of the uniformity of distribution of seeds of grain crops with a combined coultter [Text]), Omsk Scientific Bulletin, No. 1, 2015, PP. 105–110.
3. Zimina, O. G., Tyskineev, D. O. Razrabotka rabochego organa dlya posloynogo poseva semyan zernovykh kul'tur i vneseniya udobreniy (Development of a working body for layer-by-layer sowing of grain seeds and fertilization). Technology and technical means in the agro-industrial complex, iss. 10, Ulan-Ude: ESSUTM Publishing House, 2013, PP. 53–58.
4. Isenov, K. G. Obosnovanie konstruktivnykh i tekhnologicheskikh parametrov soshnika dlia razdel'nogo vneseniia mineral'nykh udobrenii (Substantiation of the design and technological parameters of the coultter for separate application of mineral fertilizers), dis. na soisk. uchen. step. doktora filosofii: 6D0806 / Isenov Kazbek Galymtaevich ; Kazakhskii agrotekhnicheskii universitet im. S. Seifullina. Astana, 2017. 100 p.
5. Kem, A. A., Algazin, D. N. Ravnomernyy vysev melkosemennykh kul'tur (Uniform seeding of small-seed crops), Selskiy mekhanizator, 2009, No. 10, PP. 12–13.
6. Kobayakov, I. D., Shevchenko, A. P., Evchenko, A. V. Zernovaya seyalka dlya polosnogo poseva (Grain seeder for strip sowing), Selskiy mekhanizator, 2019, No. 12, P. 12.
7. Kolinko, A. A. Parametry i rezhimy protsessa poseva zernovykh kul'tur s odnovremennym vneseniyem mineral'nykh udobreniy (Parameters and modes of the process of grain crops sowing with simultaneous application of mineral fertilizers: avtoref. dis. na soisk. uchen. step. kand. tekhn. nauk (Abstract of PhD thesis) : 05.20.01, Kolin'ko Aleksei Aleksandrovich, Donskoi gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, Rostov-na-Donu, 2020, 19 p.

8. Kurdyumov V. I., Zykin E. S., Tatarov G. L. Optimizatsiya parametrov i rezhimov raboty soshnika dlya raznourovnogo vyseva semyan i udobreniy (Optimization of parameters and modes of operation of a coultter for multi-level seeding of seeds and fertilizers), Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy, 2015, No. 4 (32), PP. 195–200.

9. Mudarisov, S. G., Aminov, R. I., Farkhutdinov, I. M., Mukhametdinov, A. M. Rabochiy organ dlya raznourovnogo vneseeniya udobreniy i poseva semyan (Working body for multi-level fertilization and seed sowing), Selskiy mekhanizator, 2019, No. 5, PP. 8–9.

10. Mukhametdinov, A. M. Razrabotka kombinirovannogo soshnika dlya raznoglubinno vneseeniya udobreniy i poseva semyan (Development of a combined coultter for multi-depth fertilization and seed sowing: avtoref. dis. na soisk. uchen. step. kand. tekhn. nauk (Abstract of PhD thesis 05.20.01 / Mukhametdinov Airat Midkhatovich, Bashkirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, Ufa, 2012, 20 p.

11. Patent na poleznuyu model' RF №155428. AO/S 7/02. Soshnik kombinirovanny (Patent for a utility model of the Russian Federation No. 155428. AO/S 7/02. Combined coultter) Sergeev Iu. A., Zimina O. G., Tyskeneev D. O., Galsanov B. K., № 2014142613 Appl. 16.10.2014 Publ. 10.10. 2015. Bull. No. 28.

12. Radnaev, D. N., Zimina, O. G. Teoreticheskiye predposylki k obosnovaniyu ustoychivosti khoda kombinirovannogo soshnika (Theoretical background to study the stability of the combined coultter stroke), Aktual'nye voprosy razvitiia agrarnogo sektora ekonomiki Baikalskogo regiona : sb. mater. vseros. nauch.-prakt. konf., Ulan-Ude, Izd-vo BGSKhA, 2020, PP. 111–115.

13. Sposoby poseva (Seeding methods), URL:<http://mse-online.ru/zemledelie/sposoby-poseva.html> (accessed: 06.05.2015).

© Раднаев Д. Н., Зими́на О. Г., 2021

Статья поступила в редакцию 16.06.2021; одобрена после рецензирования 05.07.2021; принята к публикации 27.08.2021.

The article was submitted 16.06.2021; approved after reviewing 05.07.2021; accepted for publication 27.08.2021.

#### **Информация об авторах**

**Раднаев Даба Нимаевич**, доктор технических наук, доцент, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, e-mail: [daba01@mail.ru](mailto:daba01@mail.ru);

**Зими́на Ольга Генуановна**, старший преподаватель, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, e-mail: [oid67@mail.ru](mailto:oid67@mail.ru).

#### **Information about authors**

**Daba N. Radnaev**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, The Buryat State Academy of Agriculture, e-mail: [daba01@mail.ru](mailto:daba01@mail.ru);

**Olga G. Zimina**, Senior Lecturer, The Buryat State Academy of Agriculture, e-mail: [oid67@mail.ru](mailto:oid67@mail.ru).