

Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова. 2024. № 4 (77). С. 162–169.

Buryat Agrarian Journal. 2024;4(77):162–169.

Краткие сообщения

УДК 631.316 (571.54)

doi: 10.34655/bgsha. 2024.77.4.021

Методика исследования распределения семян при полосовом посеве

**Д.Н. Раднаев¹, А.С. Пехутов², Н.С. Хитерхеева³, А.И. Неустроева⁴,
З.Ю. Стрекаловская⁵**

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

^{3,4,5}Арктический государственный агротехнологический университет (Октемский филиал), Якутск, Россия

¹daba01@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6539-650X>

²pekhutov@mail.ru

³kite69@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2234-9230>

⁴onoiyk@mail.ru

⁵zlata.1992@inbox.ru

Аннотация. Одним из важнейших направлений повышения эффективности различных технологий в области агроинженерии является широкое использование математических методов и ЭВМ для оптимизации решений задач на стадии прогнозирования, проектирования и оценки условий функционирования различных технических средств и систем. В работе распределение семян по площади при безрядковом способе сева представляется случайным процессом, в контексте вероятностной статистики, реализуется общий подход к моделированию как методу исследования сложных процессов научного познания исследуемых объектов в случаях, когда непосредственное изучение объекта (оригинала) является затруднительным или невозможным. При этом создаваемая модель должна полностью соответствовать моделируемому объекту, обладать свойством эволюционного развития: удовлетворять по степени сложности и абстрактности требованиям практической полезности, давать возможность проведения числовых решений с применением вычислительной техники, допускать опытную проверку соответствия исследуемого объекта. В статье рассматривается планирование экстремальных экспериментов применительно к решению практических задач в области агроинженерии. Применение математических методов планирования экспериментов позволяет правильно выбрать их стратегию, способствует получению в короткие сроки достоверной информации об оптимальных параметрах рабочих органов технических средств. Описана методика, применяемая на различных этапах проведения экстремальных многофакторных экспериментов при определении существенных факторов. Проблема извлечения наибольшего количества сведений об изучаемых процессах при ограниченных затратах весьма актуальна. В связи с этим необходимо применение метода планирования эксперимента, который давал бы не только способ обработки экспериментальных данных, но и позволил бы оптимальным образом организовывать эксперимент, так и его реализацию на ЭВМ для повышения скорости расчетов.

Ключевые слова: способ посева, распределение семян, математическое моделирование, планирование эксперимента.

Brief report

Research methodology of seeds distribution during strip sowing**Daba N. Radnaev¹, Alexander S. Pekhutov¹, Nadezhda S. Khiterkheyeva, Aina I. Neustroeva², Zlatoslava Y. Strekalovskaya²**¹Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov, Ulan-Ude, Russia²Arctic State Agrotechnological University (Oktemsky branch), Yakutsk, Russia¹daba01@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6539-650X>²pekhutov@mail.ru³kite69@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2234-9230>⁴onoiyk@mail.ru⁵zlata.1992@inbox.ru

Abstract. One of the most important areas for increasing the efficiency of various technologies in the field of agricultural engineering is the widespread use of mathematical methods and computers to optimize solutions of problems at the stage of forecasting, designing and assessing the operating conditions of various technical means and systems. In progress, the seeds distribution over an area with a rowless sowing method is represented as a random process in the scope of probability statistics a general approach to modeling is implemented as a method to study complex processes of scientific knowledge of the objects under study in cases when direct study of an object (original) is difficult or impossible. At the same time, the designing model must fully correspond to the modeled object; it should possess the property of evolutionary development: satisfy the requirements of practical usefulness in terms of complexity and abstractness, enable numerical solutions using computer technologies, provide experimental verification of compliance with the object under study. The article deals with the planning of extreme experiments in relation to solving practical problems in the field of agricultural engineering. The use of mathematical methods for experiments planning makes it possible to choose correctly their strategy and helps to obtain, in a short time, reliable information about the optimal parameters of the working parts of technical means. The methodology used at various stages of conducting extreme multifactorial experiments in determining significant factors is described. The issue of extracting the greatest amount of information about the processes under study at limited costs is relevant. In this regard, it is necessary to use a method of an experiment planning, which would provide not only a method for processing experimental data, but would also allow an optimal organization of the experiment, as well as its implementation on a computer to increase the speed of calculations.

Keywords: sowing method, seeds distribution, mathematical modeling, experiment design.

Введение. Математическое моделирование составляет основу теоретических исследований и обладает рядом несомненных преимуществ, так как, не используя сильных допущений, позволяет получить качественную и количественную информацию о любой стороне моделируемого явления при различных условиях проведения вычислительного эксперимента [1, 2, 3, 4, 5, 6].

При проведении сложных экспериментов в промышленности, а также в сельском хозяйстве изыскиваются оптимальные условия протекания процессов или выбора конструктивных параметров [7, 8,

9]. В рамках традиционного эксперимента влияние различных факторов исследуется отдельно, изменяя один из них при фиксировании остальных. Однако этот подход имеет свои недостатки: он не позволяет полностью оценить воздействие каждого отдельного фактора, а также их взаимодействие, что затрудняет обнаружение оптимального сочетания действующих факторов.

Распределение семян по поверхности засеваемой области при безрядковом способе сева представляется случайным процессом в контексте вероятностной статистики [10, 11]. Это связано с тем, что

оно зависит от факторов, обладающих случайным характером: особенностей микро- и макрорельефа поля, изменениями физических и механических характеристик почвы, колебаниями конструкций сеялки и подхода сошника в вертикальной, продольной и поперечной плоскостях, а также варьированием упругих и аэродинамических свойств семян, влияющих на их движение от высевающего устройства до нижней части борозды и других аспектов.

Целью работы является применение планирования экспериментов для решения практических задач в области агроинженерии.

Условия и методика исследований. В сложившихся обстоятельствах, учитывая высокую степень нестандартности процесса, который трудно верифицировать с помощью традиционной механики и математики, наиболее многообещающим и обнадеживающим кажется использование методов математической теории проектирования экспериментов. Эта теория позволяет анализировать сложные системы, игнорируя базовые процессы внутри них. Новый кибернетический подход открывает возможность для изучения и оптимизации таких сложных систем, которые ранее анализировались лишь на интуитивном уровне. Эффективность данного метода возрастает с увеличением сложности исследуемого явления. Важно отметить, что такой подход обеспечивает разработку математической модели, описывающей процесс в виде регрессионного уравнения (1):

$$\eta = \beta_0 + \sum \beta_i \cdot X_i + \sum_{i>j} \beta_{ij} \cdot X_i \cdot X_j + \sum \beta_{ii} \cdot X_i^2 + \dots, (1)$$

где $\beta_0, \beta_i, \beta_{ij}, \beta_{ii}, \dots$ – теоретические коэффициенты регрессии;

X_i, X_j – факторы, определяющие функцию отклика;

η – параметр процесса, подлежащего оптимизации (отклик).

Методика проведения исследования включает в себя несколько ключевых этапов: первоначальный анализ объекта; определение оптимизируемого параметра и классификация влияющих факторов; выполнение экспериментов и создание модели на основе полученных данных; оценка адекватности модели через ее геометрическое представление; применение модели при разработке рекомендаций для оптимизации исследуемого процесса, что подразумевает обоснование его технологических режимов или конструктивных характеристик устройства.

Результаты исследований и их обсуждение. Рассмотрим применение экстремального планирования в исследовании полосового разбросного посева узкорядным дисковым сошником как основного рабочего органа почвообрабатывающей посевной машины [12, 13, 14]. Пусть требуется оценить влияние ряда конструктивных и технологических факторов на равномерность распределения семян по площади. В качестве таких факторов могут быть приняты (рисунок 1):

β – угол наклона к вертикали отражательного устройства;

h – Высота установки отражательного устройства;

v – скорость движения агрегата;

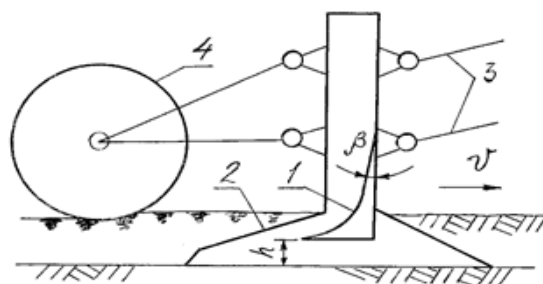


Рисунок. Схема сошника для безрядкового полосового посева:
1 – распределительное устройство; 2 – лапа-культиватор; 3 – поводок параллелограммного типа; 4 – опорный каток

Рабочий процесс следующий. Семенной поток из семяпровода направляется на распределительное устройство 1 и рассеивается в подсошниковом пространстве лапы-сошника 2. Лапа-сошник прикреплена к сошниковому брусу посредством параллелограммного механизма 3, а сзади имеется опорный каточек 4, который одновременно прикатывает засеянную полосу, обеспечивает равномерность и регулировку глубину хода лапы-сошника.

Как показывают опыты, многие сельскохозяйственные процессы с достаточной полнотой и точностью управляются варьированием трех-четырех первичных факторов, кинематических и геометрических, например, $X_1=\beta$, $X_2=h$, $X_3=g$. Остальные факторы выбираются по условию проходимости сошника в почве (скорость движения зерновки при сходе с отражателя, плотность почвы, влажность почвы и т.д.). Далее через ранжирование, как не значимые, могут быть отсеяны.

Выбор основных факторов и интервалов их варьирования сложен и является одним из самых важных этапов исследования.

Для получения первоначальных сведений о величине вклада, вносимого каж-

дым фактором, можно воспользоваться априорным ранжированием факторов. Степень согласованности результатов активирования оценивается с помощью коэффициента конкордации W (согласования):

$$W = \frac{12 \cdot S}{m^2 \cdot (n^3 - n)} = 12 \frac{\sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^n a_{ij} - L)^2}{m^2 \cdot (n^3 - n)}, \quad (2)$$

где S – сумма квадратов отклонений;
 m – число специалистов;
 n – число факторов;

$\sum_{j=1}^n a_{ij}$ – сумма рангов по каждому фак-

тору;

L – среднее значение этих сумм.

Все значения W лежат в интервале $(0, 1)$. За основные факторы принимаются те, которые заняли начальные порядковые места с наибольшим значением коэффициента конкордации (2).

Варьируя основные факторы X_1, X_2, X_3 (табл. 1), переходим от натуральных переменных к кодовым переменным x_1, x_2, x_3 , принимающим на концах интервалов значения +1 и -1, такой переход необходим для облегчения определения коэффициентов регрессионного уравнения 1.

Таблица 1 – Интервалы варьирования независимых переменных при изучении работы сошника полосового посева

| X_i | X_1 | X_2 | X_3 |
|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Основной уровень ($x_{i=0}$) | X_{10} | X_{20} | X_{30} |
| Интервал варьирования ΔX_i | $\frac{X_{1 \max} - X_{1 \min}}{2}$ | $\frac{X_{2 \max} - X_{2 \min}}{2}$ | $\frac{X_{3 \max} - X_{3 \min}}{2}$ |
| Верхний уровень ($x_{i=+1}$) | $X_{1 \max}$ | $X_{2 \max}$ | $X_{3 \max}$ |
| Нижний уровень ($x_{i=-1}$) | $X_{1 \min}$ | $X_{2 \min}$ | $X_{3 \min}$ |

Переход от натуральных переменных к кодовым осуществляется по соотношению:

$$X_i = \frac{X_i - X_{i0}}{\Delta X_i}. \quad (3)$$

Численные значения натуральных величин $X_{1 \min}, X_{1 \max}, X_{2 \min}, X_{2 \max}, X_{3 \min}, X_{3 \max}$ можно установить в данном случае по конструктивным соображениям. Тип полуреплики задается определяющими контрастами,

которые выбираются в зависимости от того, какими взаимодействиями можно пренебречь, а какие выделить. Если первоначальные предположения не подтверждаются при реализации полуреплики, ставится полуреплика с другим определяющим контрастом. Если же при постановке опытов нет определенного мнения о наличии или отсутствии эффектов взаимодействия, выбор типа полуреплики можно производить, пользуясь таблицей

случайных чисел.

Реализация первой пробной полуреплики 2 с определяющим контрастом 2^{3-1} позволяет получить линейное приближение к поверхности отклика, по которому можно определить направление движения к почти стационарной области.

Регрессионное уравнение (1) при этом имеет вид:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3, \quad (4)$$

где $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_{12}, b_{13}$, – коэффициенты регрессии, которые являются оценками теоретических коэффициентов. Они описывают наклоны поверхности отклика в направлении $x_1, x_2 \dots$ и называются линейными эффектами переменных. Увеличение относительной величины коэффициента регрессии для фактора свидетельствует о его более значительном влиянии;

Y – расчетное значение параметра оптимизации.

Все эксперименты выполняются в соответствии с матрицей планирования (табл. 2).

Понизим порядок уравнения (4), обозначив:

$$x_0 = 1 \quad x_1x_3 = x_6 \quad b_{12} = b_5 \\ x_1x_2 = x_5 \quad b_{13} = b_6$$

При этих обозначениях результаты 8 опытов первой полуреплики 2^{4-1} могут быть представлены уравнениями:

$$Y_u = b_0x_{0u} + b_1x_{1u} + \dots \\ (u = 1, 2, \dots, 8) \quad (5)$$

В общем случае коэффициенты регрессии $b_0, b_1, b_2 \dots$ в факторном эксперименте определяются методом наименьших квадратов, которые предполагают уменьшение общей суммы квадратов разностей:

$$\sum_{u=1}^N (Y_u - b_0x_{0u} - b_1x_{1u} - \dots)^2. \quad (6)$$

Однако при реализации полного факторного эксперимента или дробной реплики от него вычисление коэффициентов регрессии производится значительно проще по формуле:

$$b_0 = \frac{\sum_{k=1}^N x_{ik}Y_k}{N}. \quad (7)$$

Таблица 2 – Первая полуреплика от полного факторного эксперимента (планирование типа 2^{3-1})

| № опыта | x_0 | x_1 | x_2 | x_3 | x_1x_2 | x_1x_3 | Выход Y_k |
|---------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|-------------|
| 1 | +1 | -1 | -1 | -1 | +1 | +1 | Y_1 |
| 2 | +1 | +1 | -1 | -1 | -1 | -1 | Y_2 |
| 3 | +1 | -1 | +1 | -1 | -1 | +1 | Y_3 |
| 4 | +1 | +1 | +1 | -1 | +1 | -1 | Y_4 |
| 5 | +1 | -1 | -1 | +1 | +1 | -1 | Y_5 |
| 6 | +1 | +1 | -1 | +1 | -1 | +1 | Y_6 |
| 7 | +1 | -1 | +1 | +1 | -1 | -1 | Y_7 |
| 8 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | Y_8 |

Примечание: +1, -1 обозначает, что фактор находится соответственно на верхнем или нижнем уровне; Y_k – показатель равномерности распределения семян по площади.

Регрессионное уравнение, сформированное на основе полуреплики 2^{4-1} , обеспечит линейное приближение к поверхности отклика, что позволит определить направление к области почти стационарного состояния, следуя градиенту данного

приближения. Если единственного линейного подхода оказывается недостаточно, необходимо провести новую небольшую серию экспериментов для выявления нового направления движения по отклику. Процесс перемещения по отклику осуще-

ствляется итеративно, пока не будет достигнута почти стационарная область, в которой линейное приближение уже не справляется, и отклик, как правило, описывается полиномами второго порядка, отражающими кривизну поверхности. Этот метод нахождения почти стационарной области называется крутым восхождением. Для точного описания данной области, где коэффициенты регрессии при квадратичных членах и взаимодействиях играют главную роль, требуется использование более сложных стратегий планирования, таких как полный факторный эксперимент, центральное композиционное планирование с четко заданными звездными точками или различные виды ротатбельного планирования второго или, реже, третьего порядка. Выбор того или иного планирования для этой цели определяется особенностями исследуемого процесса и наличием априорных сведе-

ний. Если на функцию влияет много факторов и нет достаточно твердых оснований для предварительной оценки их относительного влияния, применяют отсеивающие эксперименты: метод случайного баланса и последовательное отсеивание, которые позволяют выделить существенные факторы из всех подозреваемых.

Заключение. На современном уровне развития науки и техники в области агроинженерии требуют постановки сложных экспериментов. Проблема извлечения наибольшего количества сведений об изучаемых процессах при ограниченных затратах весьма актуальна. В связи с этим необходимо применение метода планирования эксперимента, который дает не только способ обработки экспериментальных данных, но и позволяет оптимальным образом организовывать как эксперимент, так и его реализацию на ЭВМ для повышения скорости расчетов.

Список источников

1. Денисов В.И., Лисицин Д.В., Гаврилов К.В. Планирование эксперимента при оценивании параметров многофакторной модели по неоднородным наблюдениям // Сибирский журнал индустриальной математики. 2002. Том 5. № 4 (12). С. 14-28. EDN: HZOKUD
2. Денисов В.И., Тимофеева А.Ю., Хайленко Е.А. Оценивание полиномиальных моделей с ошибками в переменных без дополнительной информации // Сибирский журнал индустриальной математики. 2016. Том 19. № 3 (67). С. 15-27. EDN: WHKNXT. doi: 10.17377/SIBJIM.2016.19.302
3. Шахаев В.Л., Раднаев Д.Н., Тумурхонов В.В. Моделирование экстремальных экспериментов с использованием модели второго порядка // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В. Р. Филиппова». 2018. № 2 (51). С. 103-110. EDN: XRFCHZ
4. Денисов В.И., Тимофеев В.С., Каменев П.А. Построение D-оптимальных планов эксперимента для непараметрических регрессионных моделей // Сибирский журнал индустриальной математики. 2018. Том 21. № 2 (74). С. 46-55. EDN: UXE1AT. doi: 10.17377/SIBJIM.2018.21.204
5. Исключение ошибки в изменяемых уровнях факторов при планировании эксперимента / А.Н. Медовник, В.В. Цыбулевский, С.А. Твердохлебов, А.А. Цымбал // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 7. С. 25-27. EDN: OONMWJ
6. Киргинцев Б.О., Кокошин С.Н. Математическая модель взаимодействия дискового сошника с почвой // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 5 (67). С. 122-125. EDN: ZSMKIV
7. Кокошин С.Н., Устинов Н.Н., Ташланов В.И. Методика полевого эксперимента применения трубчатого элемента в конструкции сошника зерновой сеялки // Вестник государственного аграрного университета Северного Зауралья. 2023. № 5 (103). С. 121-125. EDN: PBNPLG
8. Теоретические исследования сошника с направителем-распределителем семян пневматической сеялки-культиватора / Н.П. Ларюшин, В.А. Мачнев, А.В. Мачнев, В.В. Шумаев, М.А. Ларин // Нива Поволжья. 2012. № 4 (25). С. 57-64. EDN: QYVUML
9. Мачнев А.В., Мачнев В.А., Хорев П.Н., Хорев А.Н. Результаты полевых исследований сеялки, оснащенной высевальными аппаратами с несимметричным профилем желобков катушки // Тракторы и сельхозмашины 2015. № 3 (31). С. 33-37. EDN: TPDJBH
10. Исследование взаимодействия семян с распределяющим и отражающим устройствами / О.Ю. Мачнева, В.С. Каблуков, О.Н. Кухарев, А.В. Мачнев, В.А. Мачнев // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2018. № 4 (40). С. 111-117. EDN: VPUBTQ
11. Мачнев В.А., Мачнев А.В., Ларин М.А. Обоснование возможности применения направителя-распределителя семян при подпочвенно-разбросном посеве // Известия Самарской государственной

сельскохозяйственной академии. 2012. № 3 (24). С.13-19. EDN: OZFPSH

12. Графическая и аналитическая модель транспортного процесса в сельском хозяйстве / А.С. Пехутов, С.С. Калашников, Д.Н. Раднаев, Ю.А. Сергеев, О.А. Алтаева, М.С. Бабаев // Вестник ВСГУТУ. 2022. № 2 (85) С. 49-55. EDN: JKVLFR. doi: 10.53980/24131997_2022_2_49

13. Патент на полезную модель № 103695 МПК А01В 49/00. Почвообрабатывающая посевная машина / Д.Н. Раднаев, В.В. Тумурхонов, С.Н. Прокопьев // Заявитель и патентообладатель Бурятская госсельхозакадемия. Заявка № 2010143380/21 от 22.10.2010. Оpubл. 27.04.2011. Бюл. № 12. EDN: WUGFCU

14. Раднаев Д.Н., Дамбаева Б.Е., Шадрин М.М. Применение метода планирования эксперимента при оптимизации параметров посевного рабочего органа // Приоритетные направления научно-технологического развития аграрного сектора России: мат-лы Всероссийской (национальной) науч.-практич. конф., посвященной Дню российской науки. Улан-Удэ. 2023. С. 401-407. EDN: LKNFBW

References

1. Denisov V.I., Lisitsin D.V., Gavrillov K.V. Planning an experiment when estimating the parameters of a multifactor model using heterogeneous observations. *Sibirskii zhurnal industrial'noi matematiki*. 2002; Vol.5, No.4(12):14-28 (In Russ.).

2. Denisov V.I., Timofeeva A.Yu., Khailenko E.A. Estimating parameters of polynomial models with errors in variables and no additional information. *Journal of applied and industrial mathematics* 2016; Vol. 19. No3(67):15-27 (In Russ.). doi: 10.17377/SIBJIM.2016.19.302

3. Shakhhaev V.L., Radnaev D.N., Tumorxonov V.V. Modelling of extreme experiments with the use of a second order model. *Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov*. 2018;2(51):103-110 (In Russ.).

4. Denisov V.I., Timofeev V.S., Kamenev P.A. Construction of d-optimal experimental designs for nonparametric regression models. *Journal of applied and industrial mathematics*. 2018; Vol.21. No.2(74):46-55 doi: 10.17377/SIBJIM.2018.21.204.

5. Medovnik A.N., Tsybulevsky V.V., Tverdokhlebov S.A., Tsymbal A.A. Exclusion of errors in variable levels of factors during the planning of an experiment. *Tractors and agricultural machinery*. 2011;7:25-27 (In Russ.).

6. Kirgintsev B.O., Kokoshin S.N. Mathematical model of disk coulter interaction with soil. *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2017;5(67):122-125 (In Russ.).

7. Kokoshin S.N., Ustinov N.N., Tashlanov V.I. Methods of field experiment of using a tubular element in the construction of a coulter of a grain seeder. *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2023;5(103):121-125 (In Russ.).

8. Laryushin N.P., Machnev V.A., Machnev A.V., Shumaev V.V., Larin M.A. Theoretical investigation of the opener with guide-distributor of seeds of the pneumatic planting cultivator. *Niva Povolzhya* . 2012;4(25):57-64 (In Russ.).

9. Machnev A.V., Machnev V.A., Khorev P.N., Khorev A.N. Results of field studies of a seeder equipped with sowing devices with an asymmetrical profile of the coil grooves. *Tractors and agricultural machinery*. 2015;3(31):33-37 (In Russ.).

10. Machneva O.Yu., Kablukov V.S., Kukharev O.N., Machnev A.V., Machnev V.A. Study of the interaction of seeds with distributing and reflecting devices. *Bulletin of the Ryazan state agrotechnological university named after P.A. Kostychev*. 2018;4(40):111-117 (In Russ.).

11. Machnev V.A., Machnev A.V., Larin M.A. Justification of the possibility of using a seed distributor-director for subsoil-broadcast sowing. *Bulletin Samara state agricultural academy*. 2012;3(24):13-19 (In Russ.).

12. Pekhutoy A.S., Kalashnikov S.S., Radnaev D.N., Sergeev Yu.A., Altaeva O.A., Babaev M.S. Graphic and analytical model of the transport process in agriculture. *ESSUTM Bulletin*. 2022; No.2(85):49-55 (In Russ.). doi: 10.53980/24131997_2022_2_49

13. Utility model patent No. 103695 МПК А01В 49/00. Tillage sowing machine /D.N. Radnaev, V.V. Tumorxonov, S.N. Prokopyev // applicant and patent holder Buryat State Agricultural Academy. Application No. 2010143380/21 dated 10/22/2010. Publ. 04/27/2011. Bull. No. 12. EDN: WUGFCU

14. Radnaev D.N., Dambaeva B.E., Shadrin M.M. Application of the experiment planning method in optimizing the parameters of the sowing working organ. *Priority directions of scientific and technological development of the agricultural sector of Russia*: Proc. of All-Russian (National) Sci. and Pract. Conf. Ulan-Ude. 2023. Pp. 401-407.

Информация об авторах

Даба Нимаевич Раднаев – доктор технических наук, профессор кафедры «Механизация сельскохозяйственных процессов»;

Александр Сергеевич Пехутов – доктор технических наук, доцент кафедры «Технический сервис в АПК и ОИД»;

Надежда Сергеевна Хитерхеева – кандидат технических наук, доцент кафедры «Механизация сельскохозяйственного производства»;

Айна Иннокентьевна Неустроева – аспирант кафедры «Механизация сельскохозяйственного производства»;

Златослава Юрьевна Стрекаловская – аспирант кафедры «Механизация сельскохозяйственного производства».

Information about the author

Daba N. Radnaev – Doctor of Science (Engineering), Professor, Chair of Mechanization of Agricultural Processes;

Alexander S. Pekhutov – Doctor of Science (Engineering), Associate Professor, Chair of Technical service in agriculture and general engineering disciplines;

Nadezhda S. Khiterkheeva – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Chair of Mechanization of Agricultural production;

Aina I. Neustroyeva – Postgraduate student, Chair of Mechanization of Agricultural production;

Zlatoslava Y. Strekalovskaya – Postgraduate student, Chair of Mechanization of Agricultural production.

Статья поступила в редакцию 28.10.2024; одобрена после рецензирования 15.11.2024; принята к публикации 26.11.2024.

The article was submitted 28.10.2024; approved after reviewing 15.11.2024; accepted for publication 26.11.2024.