

УДК 631.331

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки, сельскохозяйственные науки)

ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ КАТУШЕЧНО-СЕКЦИОННОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА

Богус Азамат Эдуардович

к. т. н., доцент

SPIN - код автора: 9567-1848

email: azamat089@gmail.com

ФГБОУ ВО «Кубанский ГАУ», Краснодар, Россия

Коновалов Владимир Иванович

к. т. н., доцент

SPIN - код автора: 4413-4190

email: konovalov.v.i@mail.ru

ФГБОУ ВО «Кубанский ГАУ», Краснодар, Россия

Руснак Владимир Андреевич

студент

SPIN - код автора: 9339-0689

email: vladimir.rusnak1488@gmail.com

ФГБОУ ВО «Кубанский ГАУ», Краснодар, Россия

Станин Владислав Дмитриевич

студент

SPIN - код автора: 5086-7635

email: staninvlad0@gmail.com

ФГБОУ ВО «Кубанский ГАУ», Краснодар, Россия

Объектом исследования в данной статье является механический катушечно-секционный высевающий аппарат для посева мелкосемянных культур. Авторами представлен анализ основных способов посева сельскохозяйственных культур, обзор перспективных конструкций дозирующих устройств для посева мелкосемянных культур. Произведены теоретические исследования работы предлагаемой конструктивно-технологической схемы катушечно-секционного высевающего аппарата для мелкосемянных культур, получены математические зависимости, описывающие качественные показатели ее работы на различных режимах работы. Разработана с применением систем автоматизированного проектирования конструктивно-технологической схема катушечно-секционного высевающего аппарата для мелкосемянных культур, созданы макетные образцы дозирующих катушек. Разработаны уточненные частные методики, а также перспективная экспериментальная установка для оценки основных качественных показателей работы предлагаемой конструктивно-технологической схемы катушечно-секционного высевающего аппарата для мелкосемянных культур. Определены с использованием математических моделей рациональные параметры и режимы работы предлагаемой конструктивно-

UDC 631.331

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences, agricultural sciences)

STUDIES OF THE OPERATION OF A REEL-SECTION SEEDING DEVICE

Bogus Azamat Eduardovich

Cand.Tech.Sci., docent

SPIN code: 9567-1848

email: azamat089@gmail.com

Kuban state agrarian university, Krasnodar, Russia

Konovalov Vladimir Ivanovich

Cand.Tech.Sci., docent

SPIN code: 4413-4190

email: konovalov.v.i@mail.ru

Kuban state agrarian University, Krasnodar, Russia

Rusnak Vladimir Andreevich

student

SPIN code: 9339-0689

email: vladimir.rusnak1488@gmail.com

Kuban state agrarian university, Krasnodar, Russia

Stanin Vladislav Dmitrievich

student

SPIN code: 5086-7635

email: staninvlad0@gmail.com

Kuban state agrarian university, Krasnodar, Russia

The object of study in this article is a mechanical reel-section sowing machine for sowing small-seed crops. The authors present an analysis of the main methods of sowing crops, a review of promising designs of dosing devices for sowing small-seeded crops. Theoretical studies of the work of the proposed structural and technological scheme of the reel-section sowing apparatus for small-seed crops have been carried out, mathematical dependencies have been obtained that describe the qualitative indicators of its operation in various operating modes. Developed with the use of computer-aided design systems, the structural and technological scheme of the reel-section sowing apparatus for small-seed crops, prototype samples of dosing coils have been created. Refined private methods have been developed, as well as a promising experimental setup for assessing the main quality indicators of the proposed design and technological scheme of a reel-section sowing machine for small-seed crops. The rational parameters and modes of operation of the proposed structural and technological scheme of the reel-section sowing apparatus for small-seed crops are determined using mathematical models.

технологической схемы катушечно-секционного
высевающего аппарата для мелкосемянных культур

Ключевые слова: ПОСЕВ, МЕЛКОСЕЯННЫЕ
КУЛЬТУРЫ, КАТУШЕЧНО-СЕКЦИОННЫЙ ВЫ-
СЕВАЮЩИЙ АППАРАТ, РАВНОМЕРНОСТЬ
ДОЗИРОВАНИЯ СЕМЯН, ПУЛЬСАЦИЯ ПОТО-
КА

Keywords: SOWING, SMALL-SEEDED CROPS,
REEL-SECTION SEEDING DEVICE, UNIFORMI-
TY OF SEED DOSING, FLOW PULSATION

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-192-004>

Введение

Увеличение валовой прибыли агропромышленного комплекса страны было и остается важнейшей задачей, требующей постоянного совершенствования технологий производства. Развитие технологий растениеводства является совокупностью развития знаний селекционеров, агрономов, агрохимиков, которые устанавливают для механизаторов агротехнические требования на выполнение той или иной операции.

Возделывание таких культур, как люцерна, овсяница луговая, ежа сборная и других кормовых культур сопряжено со сложностями, обусловленными малыми размерами их семян и их повышенной текучестью [1]. В большинстве своем для посева мелкосемянных культур хозяйства используют морально устаревшие механические сеялки с катушечными высевающими аппаратами, которые заведомо неспособны обеспечивать равномерное распределение семян в засеваемых рядах ввиду несовершенства их конструкции. Современное сельское хозяйство ориентировано на ресурсосберегающие технологии, требующие применения высокоэффективных машин и орудий, способных на высоком уровне соблюдать агротехнические требования, особенно при посеве, технологической операции от качества выполнения которой очень сильно зависит конечный результат. Конструкция современной посевной машины должна отличаться повышенной надежностью, быть многофункциональной, унифицированной с многими другими сельскохозяйственными машинами и орудиями [2].

<http://ej.kubagro.ru/2023/08/pdf/04.pdf>

Совершенствование процесса дозирования мелкосемянных культур механическими катушечными высевальными является актуальной задачей в области сельскохозяйственного производства зернобобовых трав.

Целью исследований является совершенствование процесса распределения семян мелкосемянных культур в засеваемых рядах путем обоснования геометрических параметров и режимов работы катушечно-секционного высевального аппарата.

Состояние вопроса

Наиболее распространенной посевной машиной при возделывании мелкосемянных культур являются механические с катушечными высевальными аппаратами, они имеют надежную конструкцию, имеют простые регулировки. По совокупности технико-экономических показателей, такие сеялки имеют наибольшую эффективность при посеве мелкосемянных культур, таких как люцерна.

Как правило в дозирующем аппарате установлена катушка имеющая на своей боковой поверхности до двенадцати желобков (возможны различные вариации формы и количества), которые разделены между ребрами, что в конечном счете и создает пульсацию потока семян, снижает равномерность распределения семян по ходу движения посевной машины. Неравномерность высева связана с несовершенством ее конструкции, приводящей к постоянной пульсации потока семян, сменяющееся чрезмерным уплотнением.

Не смотря на агротехнические требования, согласно которым неравномерность не должна превышать 15% механические высевальные аппараты допускают нарушение норм и допускают неравномерность до 30%, что конечно негативно сказывается на размере конечного урожая.

По данным исследователей в области агрономии, растения в начальной фазе вегетации, когда площади питания достаточно, не страдают от загущенностью, однако при накоплении большой вегетационной массы,

они начинают угнетать друг друга, что приводит к снижению урожайности.

Исследователями посевных машин предложены перспективные конструктивные схем дозирующих устройств, лишенные недостатков существующих катушечных аппаратов.

Исследователями из Челябинского ГАУ Предлагается катушечный высевающий аппарат, позволяющий значительно улучшить качественные показатели работы, сделать регулировку на заданную норму высева удобней и точней (патент 4013374/30-15) (рисунок 1).

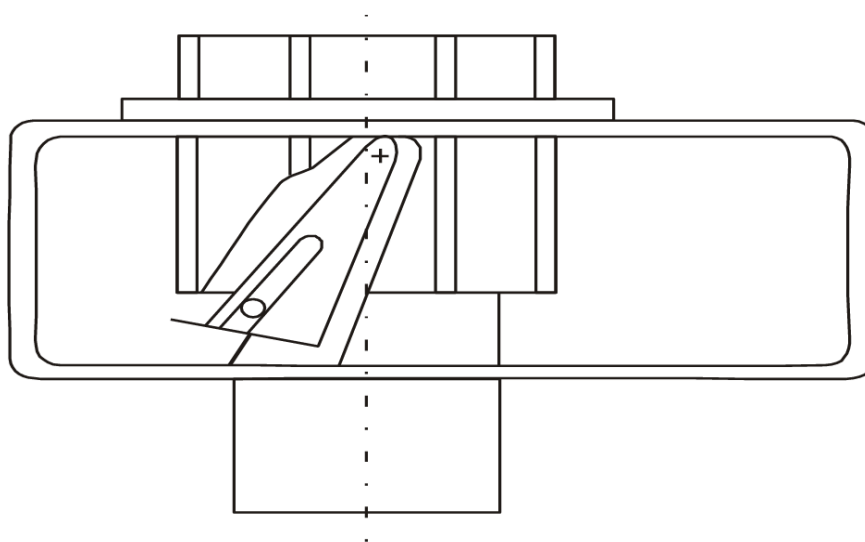


Рисунок 1 – Выссевающий аппарат по патенту А 01 С 7/04 № 1144642

Другой перспективной конструкцией является выссевающий аппарат, предложенный исследователями из Самарской СХИ согласно патенту А 01 С 7/12 № 1313370, позволяющий значительно улучшить качественные показатели работы, сделать регулировку на заданную норму высева удобней и точней (рисунок 2). Особенностью конструкции является катушка, в поперечном сечении, имеющая разновеликие ячейки.

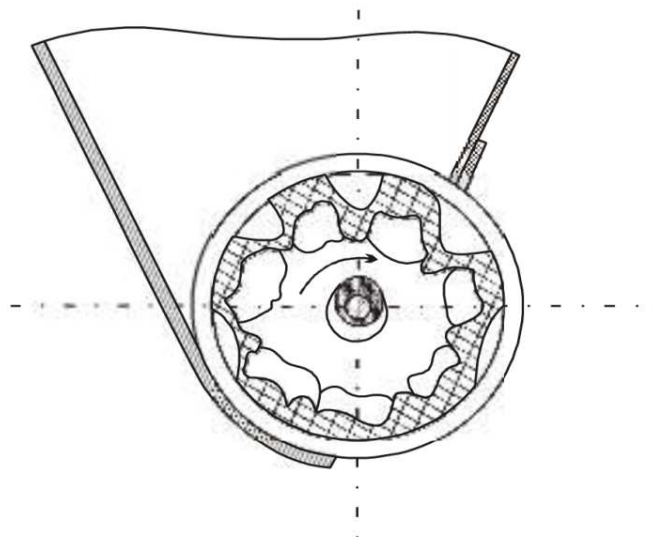


Рисунок 2 – Катушечный высевальной аппарат А 01 С 7/12 № 1313370.

Перспективной конструкция согласно патенту А 01 С 7/12 №1175377, позволяющий значительно улучшить качественные показатели работы, сделать регулировку на заданную норму высева удобней и точней (рисунок 3). Особенностью аппарата является наличие телескопического клапана и выталкивателя застрявших в ячейках семян.

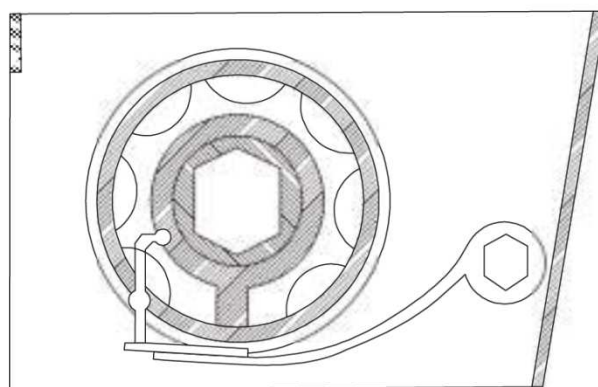


Рисунок 3 – Катушечный высевальной аппарат А 01 С 7/12 №1175377

Исследователями из ВИМ предлагается катушечный высевальной аппарат, позволяющий значительно улучшить качественные показатели работы, сделать регулировку на заданную норму высева удобней и точней

(патент №1496669) (рисунок 4). Дозирующая катушка аппарата выполнена конической, выход семян осуществляется через отверстие над катушкой.

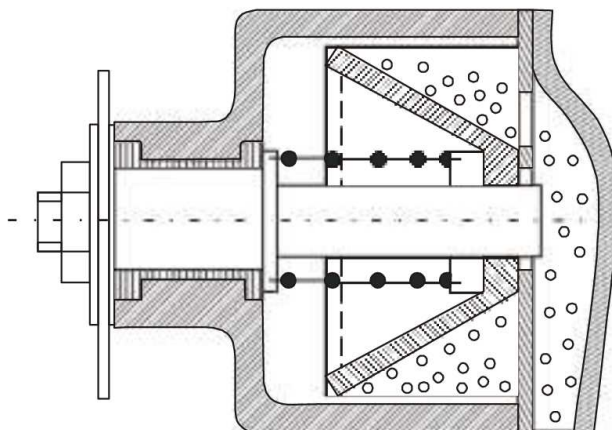


Рисунок 4 – Катушечный высевальной аппарат А 01 С 7/12 №1496669

Исследователями из Самарского ГАУ предлагается катушечный высевальной аппарат, позволяющий значительно улучшить качественные показатели работы, сделать регулировку на заданную норму высева удобней и точней (рисунок 5). Дозирующая катушка аппарата выполнена с двумя лопастями, которые равномерно вычерпывают семян и перемещают на клапан с порожком на конце.

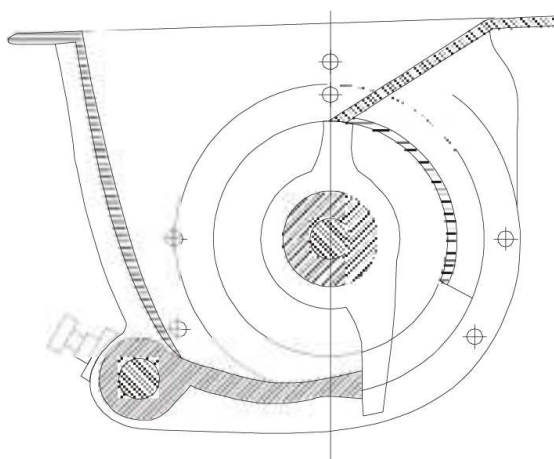


Рисунок 5 – Катушечный высевальной аппарат

Известен катушечный высевальной аппарат для амаранта, А01С №2202164, имеющий в своей конструкции катушку с зубчатым профилем,

позволяющий значительно улучшить качественные показатели работы, сделать регулировку на заданную норму высева удобней и точней (рисунок 6). Дозирующая катушка, состоящая из мелких зубьев, которые равномерно вычерпывают семян и перемещают на клапан с порожком на конце.

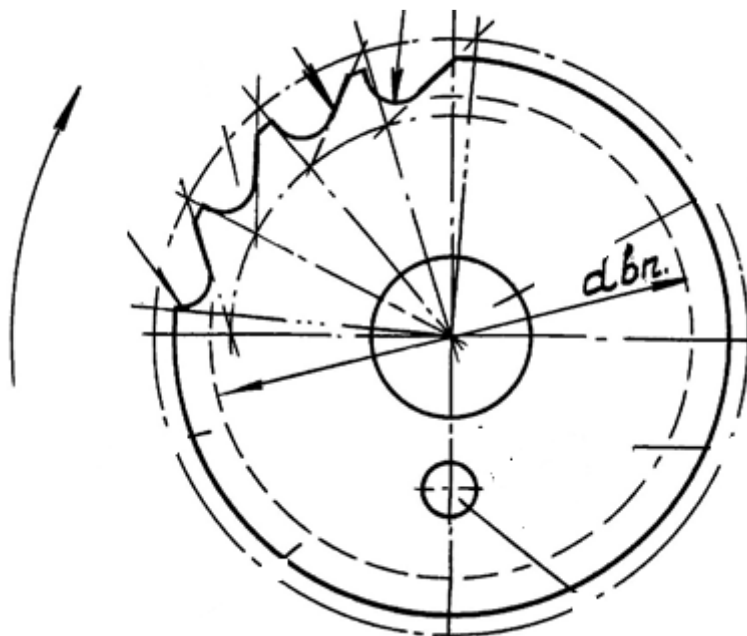


Рисунок 6 – Катушечный высевающий аппарат для амаранта, А01С
№2202164

Известен катушечный высевающий аппарат, А01С 7/04 №179402, имеющий в своей конструкции высевающий диск с рядами ячеек, позволяющий значительно улучшить качественные показатели работы, снизить повреждение семян, сделать регулировку на заданную норму высева удобней и точней (рисунок 7). Дозирующая катушка, соприкасаются с эластичным бандажом, позволяющим минимизировать травмирование семян, которые равномерно вычерпывают семян и перемещают на клапан с порожком на конце.

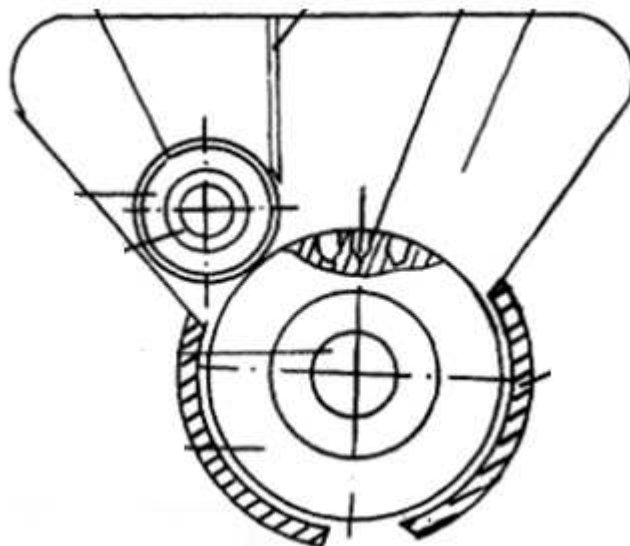


Рисунок 7 – Высевающий аппарат А01С 7/04 №179402

В дозирующем аппарате механических сеялок установлена катушка, имеющая на своей боковой поверхности до двенадцати желобков (возможны различные вариации формы и количества), которые разделены между собой ребрами. Такая конструктивная схема высевающего аппарата не позволяет производить равномерное распределение растения по ходу движения посевной машины, что связано с пульсацией потока и чрезмерным уплотнением семян при вращении катушки.

По данным исследователей в области агрономии, растения в начальной фазе вегетации, когда площади питания предостаточно, не страдают от запущенности, однако при накоплении большой вегетационной массы, они начинают угнетать друг друга, что приводит к снижению урожайности.

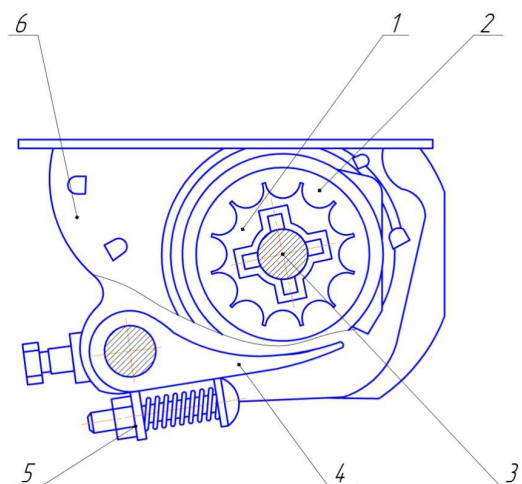
Одним из существенных недостатков применяемых катушечных высевающих аппаратов является неравномерность распределения семян по засеваемому ряду, что связано с пульсацией потока.

На основе проделанного анализа основных способов посева сельскохозяйственных культур, тенденций их развития, а также обзора перспективных конструкций дозирующих устройств для посева мелкосемян-

ных культур нами была предложена конструктивная схема дозирующего устройства с секционной катушкой, позволяющая минимизировать пульсацию потока и уплотнение семян, которая позволит повысить качественные показатели работы при посеве.

Устройство и принцип работы катушечно-секционного высевающего аппарата

На основе проведенного анализа катушечных высевающих аппаратов посевных машин мелкосемянных культур нами была разработана конструктивная схема катушечного высевающего аппарата (рисунок 8) с дозирующими желобками, которые разделены на секции.



- 1 – катушка, разделенная на секции; 2 – розетка; 3 – вал; 4 - клапан;
5 – болт; 6 - семенная коробка

Рисунок 8 – Конструктивная схема катушечно-секционного высевающего аппарата

Технологический процесс, осуществляемый предлагаемой конструктивной схемой высевающего аппарата, состоит из этапов: семена под действием силы тяжести попадают в корпус 6, заполняя весь ее объем; секционная катушка, вращаясь переносит семена к клапану 4; семена ссыпаются с порожка клапана и попадают в семяпровод. Отличительной осо-

бенностью работы предлагаемой конструкции является минимизация пульсации потока семян за счет того, что катушка выполнена секционной.

При проектировании конструктивной схемы катушечно-секционного высевающего аппарата были использованы прикладные программы трехмерного проектирования. Полученные трехмерные твердотельные модели были изготовлены с использованием 3D принтера (рисунок 9).

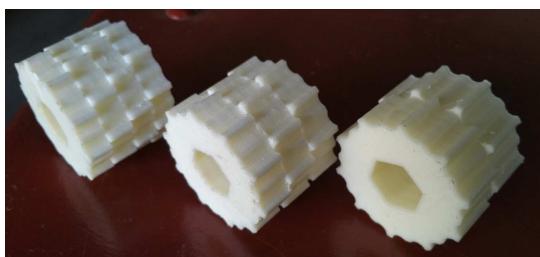
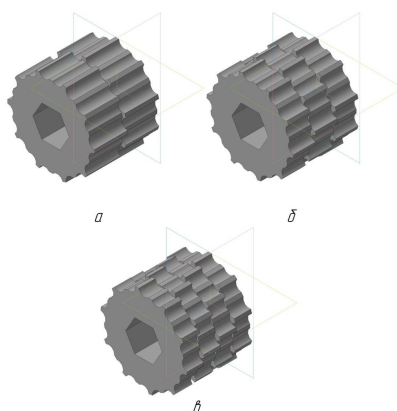


Рисунок 9 – Ссекционные катушки для экспериментальных исследований



а – катушка из 2-х секций; б – катушка из 3-х секций; в – катушка из 4-х секций

Рисунок 10 – Набор высевающих катушек

Программа и методика экспериментальных исследований

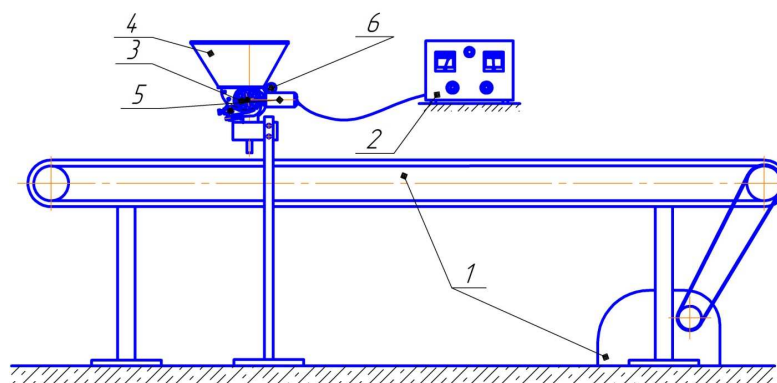
На факультете механизации Кубанского ГАУ нами для выполнения оценки качественных показателей работы катушечно-секционного высевающего аппарата была подготовлена экспериментальная установка, состоящая из бесконечной резиновой транспортерной ленты 1 (рисунок 11 и 12), предлагаемого высевающего аппарата 3 ящиком для семян, и механизмов привода. На транспортер закреплялась бумага, с нанесённой на нее шкалой расстояний. Скорость движения ленты варьировалась в диапазоне реальных скоростей движения посевных машин 6-12 км/ч и изменялась при помощи коробки перемены передач.



Рисунок 11 – Общий вид лабораторной установки для проведения исследований для оценки качественных показателей работы катушечно-секционного высевающего аппарата

Для варьирования конструктивных параметров были использованы три разные катушки с разным количеством секций.

Для варьирования режимов работы катушечно-секционного высевающего аппарата изменяли частоту его вращения при помощи реостата, питающего электропривод постоянного тока.



- 1 – гибкая транспортерная лента; 2 – преобразователь переменного тока;
 3 – катушечно-секционный высевальной аппарат; 4 – семенной ящик;
 5 – электрический двигатель постоянного тока; 6 – тахометр

Рисунок 12 – Лабораторная установка для для оценки качественных показателей работы катушечно-секционного высевальной аппарата

В качестве измерительных приборов были использованы: лазерный тахометр Sunche HS2234 (рисунок 13).; весы электронные Масса-К ВК-300; секундомер электронный (рисунок 14).



Рисунок 13 – Лазерный тахометр Sunche HS2234

Критерием оценки качественных показателей работы катушечно-секционного высевальной аппарата была выбрана равномерность распределения семян по длине засеваемого ряда [2], зависящая от параметров и

режимов работы. Для оценки работы катушечно-секционного высевающего аппарата были выбраны семена люцерны.

Проводимые эксперименты состояли из этапов:

- включение привода ленточного транспортера;
- включение привода катушечно-секционного высевающего аппарата;
- дозирование семян катушечно-секционным высевающим аппаратом;
- движение семян по семяпроводу и через сошник;
- распределение семян по бумаге со шкалой, закрепленной на ленте транспортера;
- с каждого зачетного участка, длиной 50 мм собирались отдельно друг от друга порции семян и взвешивались;
- отключение электроприводов транспортерной ленты и катушечно-секционного высевающего аппарата;
- взвешивания дозированных на заданном участке семян при помощи весов;
- запись полученных данных.

Лента длиной 3,5 м была поделена на участки, контрольный участок находился на расстоянии 1,5 м от начала движения и составлял 1 м, который был разделен на 20 отрезков по 50 мм. Скорость движения ленты составляла – 0,25 м/с. Опыты при фиксированных уровнях факторного варьирования проводились в пятикратной повторности.

На рисунке 3.3 представлена контрольная порция семян, суммарное количество семян с 20 участков.



Рисунок 14 – Весы электронные Масса-К ВК-300

Анализ результатов экспериментальных исследований

По результатам выполненных экспериментальных исследований были получены значения критериев отклика при различных параметрах и режимах работы катушечно-секционного высевающего аппарата для мелкосемянных культур. Была построена математическая модель равномерности распределения семян, адекватность которой подтверждается выполнением условий критерия Фишера.

Были определены координаты особых точек, в которых равномерность распределения семян имела максимальные значения, был определен центр опыта.

После анализа полученных результатов экспериментов, их статистической обработки было получено уравнение математической регрессии равномерности распределения семян, которое в кодированном виде имеет вид:

$$y = 7,8768 - 3,534X_1 - 1,0032X_2 - 0,48X_1X_2 + 5,623X_1^2 + 3,8232X_2^2, (1)$$

Рассчитанные коэффициенты уравнения регрессии равномерности распределения семян имеют следующие значения: $X_0 = 118,885$;

$X_1 = -35,512$; $X_2 = -0,92$; $X_1X_2 = -0,016$; $X_1^2 = 5,653$; $X_2^2 = 4,428 \cdot 10^{-3}$.

Нормализованное уравнение регрессии равномерности распределения семян имеет вид:

$$y = 118,885 - 35,512X_1 - 0,92X_2 - 0,016X_1X_2 + 5,653X_1^2 + 4,248 \cdot 10^{-3}X_2^2 \quad (2)$$

Нормализованные коэффициенты уравнения регрессии равномерности распределения семян имеют следующие значения: $X_0 = 7,8768$; $X_1 = -3,534$; $X_2 = -1,0032$; $X_1X_2 = -0,48$; $X_1^2 = 5,623$; $X_2^2 = 3,8232$.

На рисунке 15 представлены поверхности отклика зависимости равномерности распределения от частоты вращения катушки и количества секций.

Оптимальные значения факторов в натуральных единицах измерения: $X_1 = 3,3207$; $X_2 = 114,5399$.

Оптимальные значения факторов в кодированных единицах измерения: $X_1 = 0,3207$; $X_2 = 0,15133$.

Привели уравнение регрессии равномерности распределения к каноническому виду:

$$y - 7,23421 = 5,65445X_1^2 + 3,79175X_2^2, \quad (3)$$

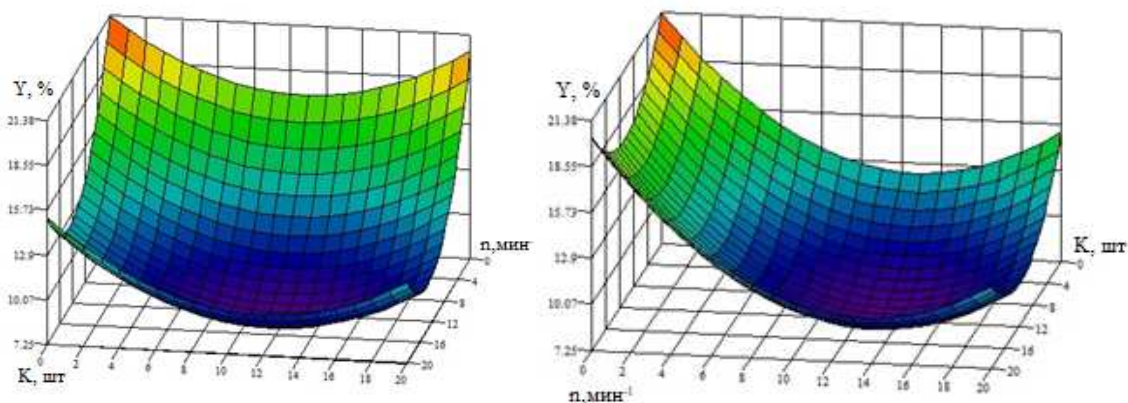


Рисунок 15 – Поверхности откликов зависимости равномерности распределения от частоты вращения катушки и количества секций

Для анализа канонической математической модели равномерности распределения семян в программе написанной в MathCAD построили поверхности отклика, а для выявления факторов, имеющих большое значение на критерий оптимизации, построили сечения откликов при фиксированном значении одного из варьируемых факторов.

На рисунке 16 представлены поверхности отклика зависимости равномерности распределения от частоты вращения катушки и количества секций, построенные согласно канонической форме уравнения регрессии.

Анализ полученного сечения отклика показывает, что оба варьируемых фактора оказывают существенное влияние на критерий оптимизации равномерности распределения.

На основе анализ полученной математической модели и ее графической интерпретации определили, что наилучшие показатели равномерности распределения семян в рядке достигаются при использовании секционной катушки, разделенной на три части и частоте ее вращения, равной 114 мин^{-1} .

Подставив значения рациональных факторов в выражение 3, получили значение рациональное значение равномерности распределения $y_1 = 75,1 \%$.

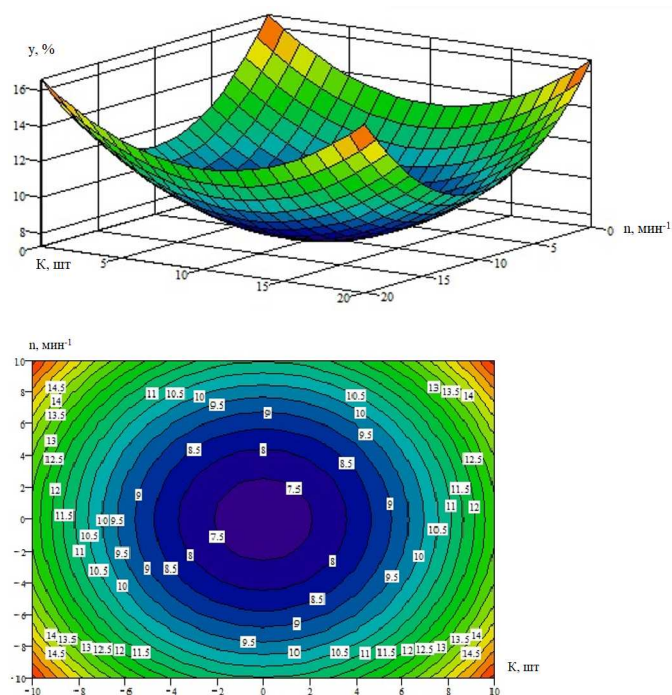


Рисунок 16 – Поверхности отклика и его сечение равномерности распределения от частоты вращения катушки и количества секций

Вывод.

Результаты лабораторных исследований катушечно-секционного высевающего аппарата для посева мелкосемянных культур, а также их математический анализ позволили определить рациональные значения варьируемых факторов, а именно частота вращения вала катушки 114 мин^{-1} , катушка должна быть разделена на три секции, это позволит обеспечить равномерность распределения семян по рядку в пределах 75 %, при этом коэффициент вариации составил лишь 11,6 %.

Библиографический список

1. Bogus, A. E. The results of the study of uneven seed dispersion by the centrifugal distribution system of a pneumatic grain seeder / A. E. Bogus, E. M. Zubrilina, L. I. Vysockina // E3s web of conferences : International Conference on Advances in Agrobusiness and Biotechnology Research (ABR 2021), Krasnodar, Russia, 24–26 мая 2021 года. Vol. 285. – Krasnodar, Russia: EDP Sciences, 2021. – P. 07004. – DOI 10.1051/e3sconf/202128507004. – EDN OQFNGT.
2. Konovalov, V. Constructive-technological diagram of the rotary-string cultivator and the definition of its main parameters / V. Konovalov, S. Konovalov, V. Igumnova // E3S

Web of Conferences, Sevastopol, 09–13 сентября 2019 года. Vol. 126. – Sevastopol: EDP Sciences, 2019. – P. 00039. – DOI 10.1051/e3sconf/201912600039. – EDN HAMLHS.

References

1. Bogus, A. E. The results of the study of uneven seed dispersion by the centrifugal distribution system of a pneumatic grain seeder / A. E. Bogus, E. M. Zubrilina, L. I. Vysockina // E3s web of conferences : International Conference on Advances in Agrobusiness and Biotechnology Research (ABR 2021), Krasnodar, Russia, 24–26 мая 2021 года. Vol. 285. – Krasnodar, Russia: EDP Sciences, 2021. – P. 07004. – DOI 10.1051/e3sconf/202128507004. – EDN OQFNGT.

2. Konovalov, V. Constructive-technological diagram of the rotary-string cultivator and the definition of its main parameters / V. Konovalov, S. Konovalov, V. Igumnova // E3S Web of Conferences, Sevastopol, 09–13 сентября 2019 года. Vol. 126. – Sevastopol: EDP Sciences, 2019. – P. 00039. – DOI 10.1051/e3sconf/201912600039. – EDN HAMLHS.