

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИНФОРМАЦИИ И
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕ-
СКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА»
(ФГБНУ «РОСИНФОРМАГРОТЕХ»)

УДК 631.331.001.41(047.91)

Рег. № НИОКТР АААА-А20-120101490033-4

УТВЕРЖДАЮ

Врио директора

ФГБНУ «Росинформагротех»,

канд. юрид. наук

П.А. Подъяблонский

« 9 » декабря 2020 г.

ОТЧЕТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

**Исследование и разработка специализированного оборудования
для определения характеристик высевяющих аппаратов
скоростных сеялок точного высева**

Задание 2.1.9 Проведение исследований и разработка современного
испытательного оборудования, приборного и программного обеспечения
для оценки потребительских свойств высокотехнологичных машин

Тема 2.1.9.6 Проведение исследований и разработка специализированного
оборудования для определения характеристик высевяющих аппаратов
скоростных сеялок точного высева

Директор КубНИИТиМ

М.И. Потапкин

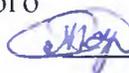
Руководитель НИР,
зав. лабораторией разработки
средств измерений и программного
обеспечения, д-р техн. наук

В.Е. Таркивский

Новокубанск 2020

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель НИР,
зав. лабораторией разработки
средств измерений и программного
обеспечения, д-р техн. наук

 30.11.2020

В.Е. Таркинский
(методическое
руководство)

Отв. исполнители:

Гл. науч. сотр.,
канд. техн. наук

 30.11.2020

З.М. Коваль
(реферат, введение,
раздел 1, 2, 3, заключение,
приложения А, Б)

Зав. лабораторией,
разработки испытательного
оборудования,
вед. науч. сотр., д-р техн. наук

 30.11.2020

И.М. Киреев
(реферат, введение,
раздел 1, 2, 3, заключение)

Исполнители:

Ведущий инженер

 30.11.2020

В.О. Марченко
(раздел 1, 3)

Инженер

 30.11.2020

Ф.А. Зимин
(раздел 1, 3, приложение Б)

Инженер

 30.11.2020

В.Н. Слесарев
(приложение Б)

Нормоконтроль

 30.11.2020

В.О. Марченко

РЕФЕРАТ

Отчет 57 с., 1 кн., 36 рис., 6 табл., 39 источн., 2 прил.
ТЕХНОЛОГИЯ, ВЫСЕВ, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, ПАРАМЕТРЫ, РЯДОК,
ВЫСЕВАЮЩИЙ АППАРАТ, ДАТЧИК, РЕГИСТРАЦИЯ, СЕМЕНА,
ТЕХНИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО, ПРОПАШНАЯ КУЛЬТУРА

Объект исследования – процесс обеспечения и контроля параметров высевающих аппаратов по распределению семян в рядок с применением специализированного оборудования

Цель работы – разработка специализированного оборудования для определения характеристик высевающих аппаратов скоростных сеялок точного высева.

Метод проведения работ – исследования функциональных показателей высевающих аппаратов точного высева семян с применением специализированного оборудования.

В ходе выполнения НИР обоснован комплект средств специализированного оборудования для обеспечения и контроля режимов работы высевающего аппарата по распределению семян в рядок. Определены характеристики средств специализированного оборудования для обеспечения и контроля режимов работы высевающего аппарата. Составлена блок-схема передачи электрических импульсов от датчика числа семян на ПК и регистрацией временных промежутков между высеваемыми семенами, а также порядок обработки данных.

В результате исследований определены параметры и разработана схема конструкции специализированного оборудования с пневматическим устройством и датчиком единичного счета семян из высевающих аппаратов пропашных сеялок точного высева. Предложен метод исследования функциональных показателей высевающих аппаратов точного высева семян с применением специализированного оборудования. Разработана методика и проведены лабораторные исследования параметров высевающих аппаратов сеялок точного высева с использованием специализированного оборудования.

Новизна исследований – разработано специализированное оборудование, обеспечивающее повышение точности проведения опытов по оценке функциональных показателей высевающих аппаратов пропашных сеялок с применением средств обеспечения и контроля единичной и численной регистрации семян в технологическом процессе их работы.

Область применения – МИС Минсельхоза России, НИИ и конструкторские организации, занимающиеся исследованием, разработкой и испытанием высевающих аппаратов, ВУЗы для использования в учебном процессе.

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ	5
ВВЕДЕНИЕ	6
1 Выбор направления исследований	8
2 Теоретические исследования	12
3 Экспериментальные исследования.....	15
3.1 Описание специализированного оборудования для определения характеристик высевающих аппаратов пропашных сеялок точного высева	15
3.2 Техническая характеристика специализированного оборудования	23
3.3 Лабораторные исследования определения характеристик высевающих аппаратов для пропашных сеялок точного высева с применением специализированного оборудования	25
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	44
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	45
ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) Средства измерений, применяемые при испытаниях	49
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (обязательное) Методика определения характеристик высевающих аппаратов сеялок точного высева с применением разработанного специализированного оборудования	50

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

АПК – агропромышленный комплекс

ВА – высевающий аппарат (высевающие аппараты)

ВД – высевающий диск

МИС – машиноиспытательная станция

НИИ – научно–исследовательский институт

НИР – научно–исследовательская работа

ПК – персональный компьютер

ТЗ – техническое задание

ВВЕДЕНИЕ

В системах точного земледелия повышаются требования к соблюдению заданной нормы высева, как одного из условий программируемого урожая.

Чем выше точность посева, тем качественнее будут всходы. Технология точного высева семян особое значение имеет при производстве пропашных культур. Для посева пропашных культур в настоящее время используется широкий спектр пневматических сеялок как отечественного, так и иностранного производства (СУПН-8А, СУПН-8А-01, СКПП-12, СПК-8, СПКА-1 «Тана», УПС-12, УПС-8, СТВ-107/2 «АиСТ», «MaterMass», «Gaspardo», «Optima» и др.) [1]–[15].

В таких сеялках применяется высевающий аппарат пневматического принципа действия. Совершенствование конструкций высевающих аппаратов сеялок точного высева направлено на дальнейшее повышение точности отбора семян, универсальности (возможности высева семян, различающихся физико-механическими свойствами). Выбор новых машинных технологий для возделывания сельскохозяйственных культур осуществляется по результатам их испытаний высевающих аппаратов, приобретающим в настоящее время особую значимость.

Сравнительные испытания высевающих аппаратов точного высева в составе сеялок весьма трудоемки и оценить технологический режим их работы при интенсивности высеваемого потока семян от 5,7 до 57 шт./с практически невозможно.

Потребность в измерительном оборудовании, удовлетворяющем современным требованиям испытаний высевающих аппаратов сеялок точного высева, испытывают в настоящее время система машиноиспытательных станций и научно – исследовательских институтов по следующим причинам.

Известные методы, средства контроля и оценки качества высева семян высевающими аппаратами точного высева не в полной мере соответствуют со-

временным требованиям точного земледелия в части достоверности определения показателей технологического процесса высевающих аппаратов, включают в себя дорогостоящие датчики и аппаратуру с ограниченными возможностями по регистрации семян, имеющих различную массу, неправильную форму (с переменной площадью проекции).

Для устранения указанных недостатков по результатам НИР 2019 г. разработан метод и средство единичной регистрации семян и промежутков между ними при распределении высевающим аппаратом семян в рядок, и в частности, для перспективных скоростных сеялок точного высева.

Научные результаты являются новыми и свидетельствуют о необходимости выбора комплектующих средств, обеспечивающих режимы работы высевающего аппарата и качественные показатели распределения семян в рядок.

Цель работы – разработка специализированного оборудования для определения характеристик высевающих аппаратов скоростных сеялок точного высева.

Научная новизна – разработано специализированное оборудование, обеспечивающее повышение точности проведения опытов по оценке функциональных показателей высевающих аппаратов пропашных сеялок с применением средств обеспечения и контроля единичной и численной регистрации семян в технологическом процессе их работы.

1 Выбор направления исследований

Точный выбор и посев семян технических культур обеспечивает повышение урожайности, значительную экономию семян и снижение трудовых затрат на уход за растениями. При посеве отклонение от заданной нормы высева семян не должно превышать $\pm 3\%$. Посев семян меньше нормы, как и превышение ее, ведет к снижению урожайности: в первом случае из-за разреженности посевов, а во втором – из-за излишней густоты [16]. Теоретическая норма высева при посеве семян кукурузы и подсолнечника составляет 3, 5, 7 шт./м. Для сои норма высева – 16, 23, 30 шт./м, а для сахарной свеклы – 6, 8, 10 шт./м. Несоблюдение таких норм с значительными отклонениями числа растений на 1 га свекла теряет от 25 % до 27 % своей урожайности, кукуруза теряет от 19 % до 20 %, подсолнечник – от 22 % до 24 % и клещевина может потерять от 23 % до 24 %, что подтверждает научную гипотезу о важности рационального размещения каждого растения на своей площади питания. Размещение семян на поле обеспечивается в основном режимом работы высевающего аппарата по распределению семян в рядок, которое по причинам размерно-массовым характеристикам семян, конструктивно-технологическим параметрам имеет случайный характер. Процесс пунктирного высева семян пропашных культур состоит из многих отдельных элементов. Каждый элемент содержит цепь случайных событий, при которых нарушаются показатели регулярности, и конечный результат распределения семян будет иметь неизбежные отклонения от расчетных значений. Для того, чтобы уменьшить эти отклонения и разместить семена вдоль рядка по возможности более точно, необходимо систематизировать факторы, действующие на каждом этапе процесса, и отыскать возможности управления ими, то есть изменить их случайный характер на предсказуемый и полезный для четкости процесса высева. Возможность такого предсказания базируется на качественных показателях выбора семян для посева и их распределения в рядок контролируруемыми режимами работы высевающего аппарата и системой обеспечения точной регистрации семян.

Семена для посева предлагают различные фирмы и по причине технологического процесса воздушной сепарации семян на фракции по удельному весу качественный и количественный отбор семян для посева может отличаться. Например, в предпосевной подготовке семян подсолнечника с целью уменьшения инфицированности семенного материала и, как следствие, повышения его посевных качеств проверяют сепаратор марки САД. Показателями калибровки семян подсолнечника являются масса 1000 г семян в исходной фракции 74,3 г; во второй фракции – 77,4 г; в третьей фракции – 71,58 г. Эти фракции повышают всхожесть семян на 5 %. В тоже время на урожайность подсолнечника влияет распределение семян в рядок ВА. Например, при моделировании режимом работы ВА скорости движения сеялки 9 км/ч (2,5 м/с) промежуток времени между дозированием семян в рядок равняется 0,133 с. Поэтому незначительное отличие в размерно-массовых характеристиках семян, начальных скоростях отделения от отверстий высевающего диска, скоростях их витания и ориентации учесть практически невозможно, что является причиной случайного их отклонения от нормы распределения в рядок.

Поэтому производителям растениеводческой продукции непросто определиться с выбором семян для посева. Трудность выбора семян состоит, в первую очередь, в случайном их распределении в рядок высевающим аппаратом (ВА), а каждое исследование случайных явлений, выполненное методами теории вероятностей, прямо или косвенно опирается на экспериментальные данные, и систему наблюдений. По настоящее время исследования направлены на совершенствование конструкций высевающих аппаратов при оценке распределения семян в рядок с применением липкой ленты и ячеек для сбора семян. Такие исследования по причине трудоемкости работ ограничены количеством экспериментальных данных; в связи с этим результаты наблюдений и их обработка всегда содержит больший или меньший элемент случайности [17], [18]. Однако, чтобы добиться желаемой надежности и точности измерений, вероятности получения тех же результатов при повторении опыта необ-

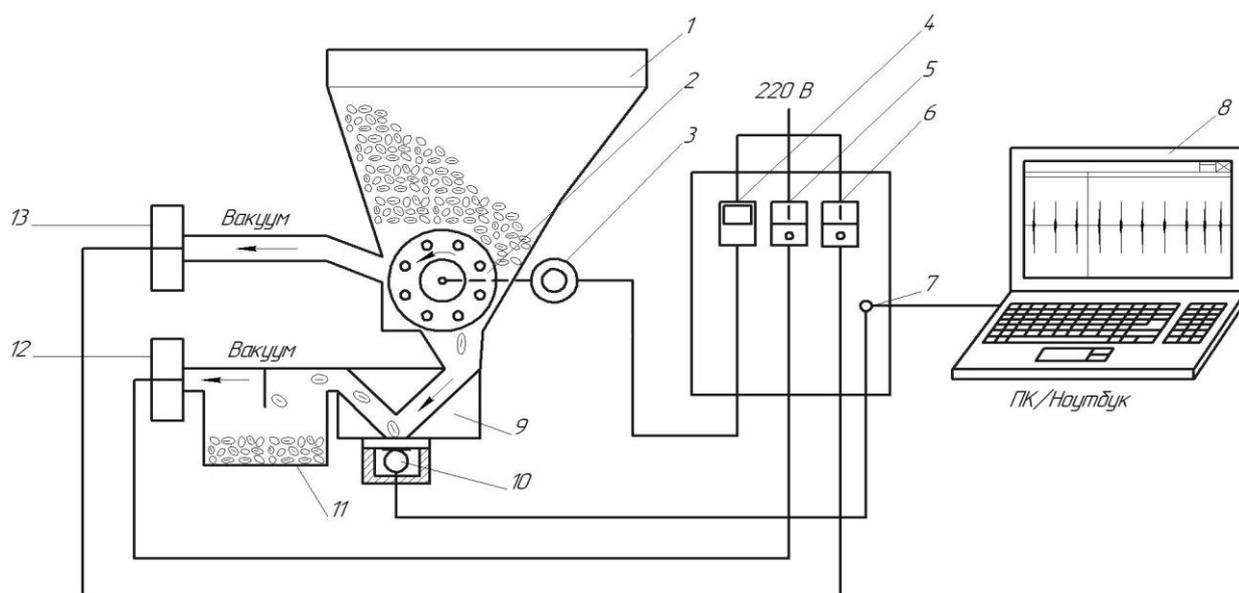
ходимо иметь специальное современное измерительное оборудование для точного контроля режимов работы высевающего аппарата (вакуумный насос с регулятором разрежения воздуха перед ВД, датчик числа оборотов ВД в электронном исполнении и с возможностью передачи данных на персональный компьютер (ноутбук). Вакуумный насос с регулятором разрежения воздуха в пневматическом устройстве стенда для обеспечения закономерного взаимодействия семян пропашных культур с различными размерно-массовыми характеристиками.

Наличие специального современного измерительного оборудования для точного контроля режимов работы высевающего аппарата необходимо потому, что по причине неправильной формы и массы семян проводятся работы по определению различных форм отверстий и их расположения от центра ВД и создаваемого соответствующего вакуумного разряжения перед отверстиями ВД для надежного единичного удержания семян. Особенно это важно при повышенных оборотах ВД при режимах работы ВА, необходимых для скоростных режимов работы сеялок.

Вакуумный насос с регулятором разрежения воздуха в пневматическом устройстве стенда необходим для обеспечения различных скоростей витания, собственным семенам пропашных культур и рационального их единичного механического взаимодействия с поверхностью датчика числа семян.

Для выполнения современных требований по обеспечению режимов работы ВА нами определена конструкция специализированного оборудования для определения режимов работы широко используемых в практике в настоящее время пневматических ВА сеялок точного высева, структурная схема которого приведена на рисунке 1.

Метод проведения работ – исследования функциональных показателей высевающих аппаратов точного высева семян с применением специализированного оборудования.



1 – бункер высевающего аппарата сеялки фирмы MaterMass (мод. 3XL); 2 – диск высевающего аппарата; 3 – электродвигатель 220В с редуктором для вращения высевающего диска высевающего аппарата; 4 – преобразователь частоты для регулирования оборотов двигателя; 5 – автоматический выключатель 16А для подачи напряжения на вакуумный насос для обеспечения пневмотранспорта семян в пневматическом устройстве для их единичного взаимодействия с датчиком контроля высева семян с последующим их осаждением в сборнике семян; 6 – автоматический выключатель 16 А вакуумного насоса для создания вакуума перед высевающим диском ВА и обеспечения присасывания семян к отверстиям ВД; 7 – аудиокабель Jack 3,5 мм; 8 – ПК/Ноутбук с программным обеспечением; 9 – пневматическая камера; 10 – акустический датчик числа семян; 11 – семясборник; 12 – вакуумный насос для обеспечения пневмотранспорта семян в пневматическом устройстве для их единичного взаимодействия с датчиком контроля высева семян с последующим их осаждением в сборнике семян; 13 – вакуумный насос для создания вакуума перед высевающим диском ВА и обеспечения присасывания семян к отверстиям высевающего диска

Рисунок 1 – Схема стенда для определения параметров высевающих аппаратов сеялок точного высева

В результате исследований определены параметры и разработана схема конструкции специализированного оборудования с пневматическим устройством и датчиком единичного счета семян из ВА пропашных сеялок точного высева. Предложен метод исследования функциональных показателей высевающих аппаратов точного высева семян с применением специализированного оборудования. Разработана методика и проведены лабораторные исследования параметров высевающих аппаратов сеялок точного высева с использованием специализированного оборудования.

2 Теоретические исследования

Применение специализированного оборудования для единичной регистрации семян пропашных культур имеет важное значение в получении информационных сведений о распределении семян в рядок режимами работы высевающего аппарата в соответствии с установленными нормами. В тоже время по причине различной формы и массы семян их распределение в рядок является случайным процессом. Установлено также, что случайное распределение семян в рядке подчиняется нормальному закону [17].

Теоретическим обоснованием возможности экспериментального определения вероятностных характеристик является закон больших чисел [20].

Нормальное распределение графически выражается в виде кривой колоколообразного типа [20]. Из вида кривой нормального распределения следует, что она симметрична относительно ординаты точки

$$x_i = \bar{X}, \quad (1)$$

где x_i – переменная случайная величина;

\bar{X} – среднее арифметическое значение величин x .

Положение кривой относительно начала координат и ее форма определяются двумя параметрами \bar{X} и σ (среднее квадратичное отклонение случайной величины x от \bar{X}) [20]–[23]. С изменением \bar{X} – форма кривой не изменяется, но изменяется ее положение относительно начала координат. С изменением σ положение кривой не изменяется, но изменяется ее форма. С уменьшением σ кривая становится более вытянутой, а ветви ее сближаются; с увеличением σ наоборот, кривая становится более плоской формы, а ветви ее раздвигаются шире. Результаты отдельных измерений имеют достаточно большой разброс относительно среднего арифметического, а разброс отдельных средних арифметических значительно меньше. Он уменьшается по мере увеличения числа измерений [20].

Таким образом, при технологических режимах работы высевающего аппарата лучшие показатели семян и их распределение в рядке в опытах характеризуются при сближении ветвей кривой к теоретически заданной норме их высева. Оценку среднего квадратичного отклонения семян от заданной нормы их высева (принимаемой средним арифметическим значением \bar{X}) при случайном их распределении в рядок высевающим аппаратом возможно определять из выражения [20]

$$\sigma_{\bar{X}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}, \quad (2)$$

где n – число случайных величин (число регистрируемых семян).

Величина $\sigma_{\bar{X}}$ характеризует разброс отдельных результатов измерения относительно среднего арифметического значения \bar{X} .

Решение существующей проблемы по выбору качественных семян для посева и их рациональному распределению в рядок режимами работы ВА возможно с применением закона больших чисел, принадлежащему Якобу Бернулли, доказавшему важнейшее положение теории вероятностей, подтвержденное исследованиями известных ученых [21]–[23]. При большом числе опытов, исход каждого из которых является случайным, относительная частота появления каждого данного исхода имеет тенденцию стабилизироваться, приближаясь к некоторому определенному числу – вероятности этого исхода [21], [23]. При достаточно большом числе опытов можно с практической достоверностью ожидать сколь угодно близкого совпадения частоты с вероятностью. При большом числе наблюдений простая статистическая совокупность перестает быть удобной формой записи статистического материала – она становится слишком громоздкой и мало наглядной [17], [18]. Для придания ему большей компактности и наглядности статистический материал под-

вергают дополнительной обработке – строится так называемый «статистический ряд». Весь диапазон наблюдаемых значений x разделяют на интервалы или разряды и подсчитывается количество значений m_i (число семян), приходящееся на каждый i -й разряд. Это число делится на общее число наблюдений n (число семян в опыте) и находится частота p_i (количество семян), соответствующее данному разряду

$$p_i = \frac{m_i}{n}, \quad (3)$$

где p_i – частота, соответствующая данному разряду;

m_i – количество семян, приходящееся на каждый i -й разряд;

n – количество семян в опыте.

Сумма частот всех разрядов должна быть равна единице [20].

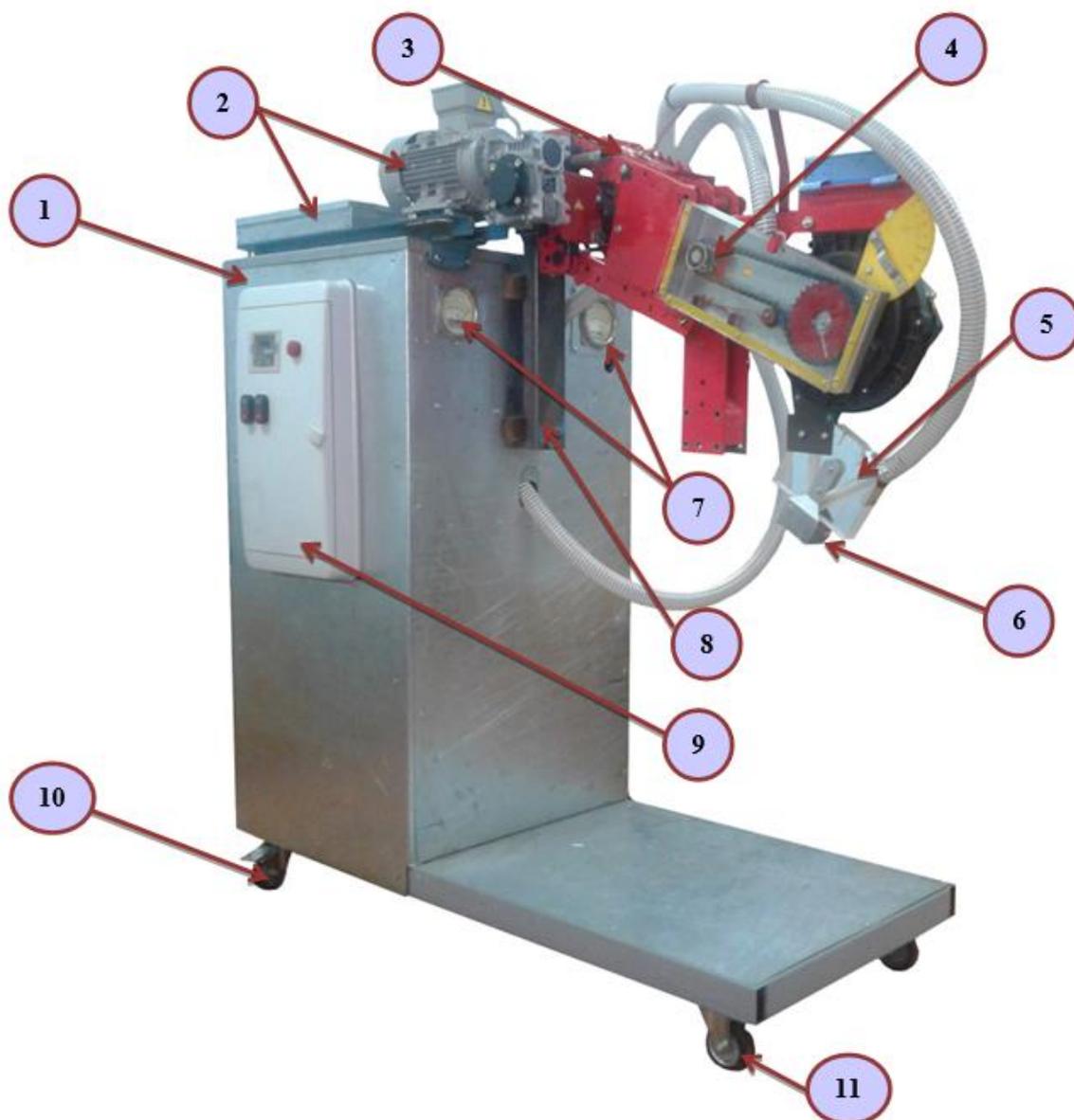
У теоретической кривой нормального распределения ветви ее асимптотически приближаются к оси абсцисс, т. е. зона рассеивания случайной величины x практически ограничена конечными пределами. Поэтому число разрядов, в распределении семян близким к нормальному распределению [20], на которые следует группировать статистический материал должно быть принято с учетом нормы высева семян и в соответствии с агротехническими требованиями по их отклонению от теоретической нормы [16].

Известно, что теория, или обобщенная система знаний, должна соответствовать практике, иначе принятые исследователем положения и построения в лучшем случае будут гипотетическими, предположительными, а иногда и просто досужим вымыслом [24]–[26]. Поэтому нами было проведено экспериментальное исследование с применением специализированного оборудования по оценке разработанных метода и средства, позволяющих осуществлять точную единичную регистрацию большого числа семян из высевающего аппарата для получения информационных сведений о качестве семян и их распределению в рядок.

3 Экспериментальные исследования

3.1 Описание специализированного оборудования для определения характеристик высевающих аппаратов пропашных сеялок точного высева

Специализированное оборудование предназначено для определения характеристик высевающих аппаратов пропашных сеялок точного высева. Общий вид специализированного оборудования приведен на рисунке 2.



а) вид специализированного оборудования спереди-слева



б) вид специализированного оборудования спереди-справа

- 1 – корпус стенда; 2 – электродвигатель 220В с редуктором для вращения высевающего диска высевающего аппарата и коробом для хранения провода электропитания, закрепленные на кронштейне; 3 – высевающий аппарат сеялки фирмы MaterMass (мод. 3XL); 4 – цепная передача; 5 – пневматическое устройство; 6 – датчик регистрации семян; 7 – тягомер мембранный показывающий Тм МП–100–М1; 8 – кронштейн для установки высевающего аппарата на специализированном оборудовании; 9 – электрический щит монтажный с панелью; 10 и 11 – колеса (задние и передние соответственно) для передвижения специализированного оборудования; 12 – бункер для засыпки семян; 13 – пневмошланги

Рисунок 2 – Общий вид специализированного оборудования для определения характеристик высевающих аппаратов пропашных сеялок точного высева

При испытании высевающих аппаратов важным является обеспечение плавного и равномерного вращения высевающего диска для захвата и удержания семян вакуумом на отверстиях высевающего диска. Для обеспечения такого условия был выбран асинхронный трехфазный двигатель с редуктором, общий вид которого приведен на рисунке 3.



а) вид справа

б) вид слева

Рисунок 3 – Общий вид асинхронного трехфазного двигателя с редуктором

Положение редуктора на двигателе установлено таким, чтобы направление вала вращения было горизонтальным. Между валом редуктора и звездочкой цепной передачи устанавливалась специальная муфта.

Характеристика двигателя приведена на его этикетке (рисунок 4).



Рисунок 4 – Характеристика асинхронного трехфазного двигателя

Характеристики на рисунке 5 обеспечивают вращение звездочек с цепными передачами и вал высевающего семени диска высевающего аппарата.



а) вид сбоку-слева;



а) вид спереди

Рисунок 5 – Техническая система вращения высевающего диска

На рисунке 5 также показана пневматическая система для присасывания к отверстиям высевающего диска высеваемых при закрытии отверстия семян, а также пневматического транспорта высеваемых семян для контактного взаимодействия с поверхностью датчика и единичного счета с последующим их сбором в инерционный сборник. Для контроля работы пневматических систем

применены вакуумметры ТММП – 100 – У3 IP53, общий вид которых приведен на рисунке 6.



Рисунок 6 – Вакуумметр ТММП – 100 – У3 IP53

Пневматическое устройство с трубками и датчиком числа семян на выходе семян из высевающего аппарата показано рисунком 7.

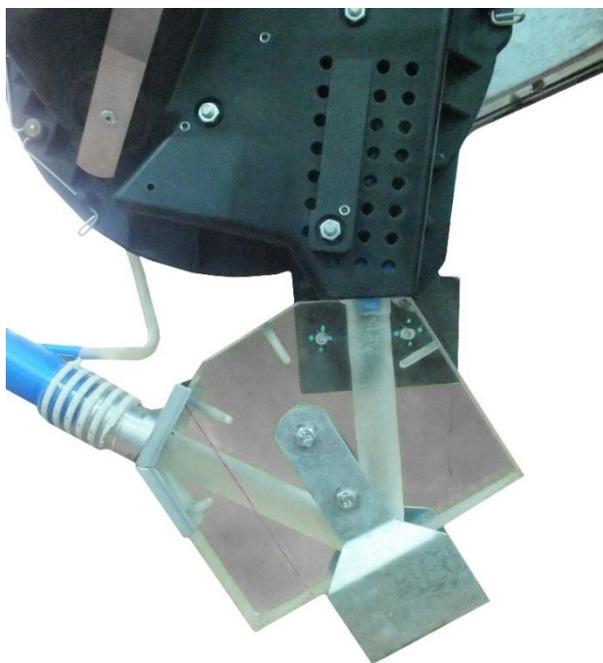


Рисунок 7 – Пневматическое устройство с датчиком числа семян

Работа двигателя обеспечивается преобразователем частоты (рисунок 8).



Рисунок 8 – Преобразователь частоты

Характеристики преобразователя частоты приведены на рисунке 9.



Рисунок 9 – Характеристика преобразователя частоты

Бункер для засыпки семян показан на рисунке 10. Объем бункера составляет 1000 см³.



Рисунок 10 – Бункер для засыпки семян

Вакуумные насосы для создания разрежения перед высевающим диском в высевающем аппарате и обеспечения пневматического транспорта семян в пневматическом устройстве расположены в специальном отсеке (рисунок 11).



Рисунок 11 – Отсек с расположенными в нем вакуумными насосами

Отсек с гофрированными трубками ПВХ диаметром 16 мм и 32 мм, семясборником и проводами электропитания приведен на рисунке 12.

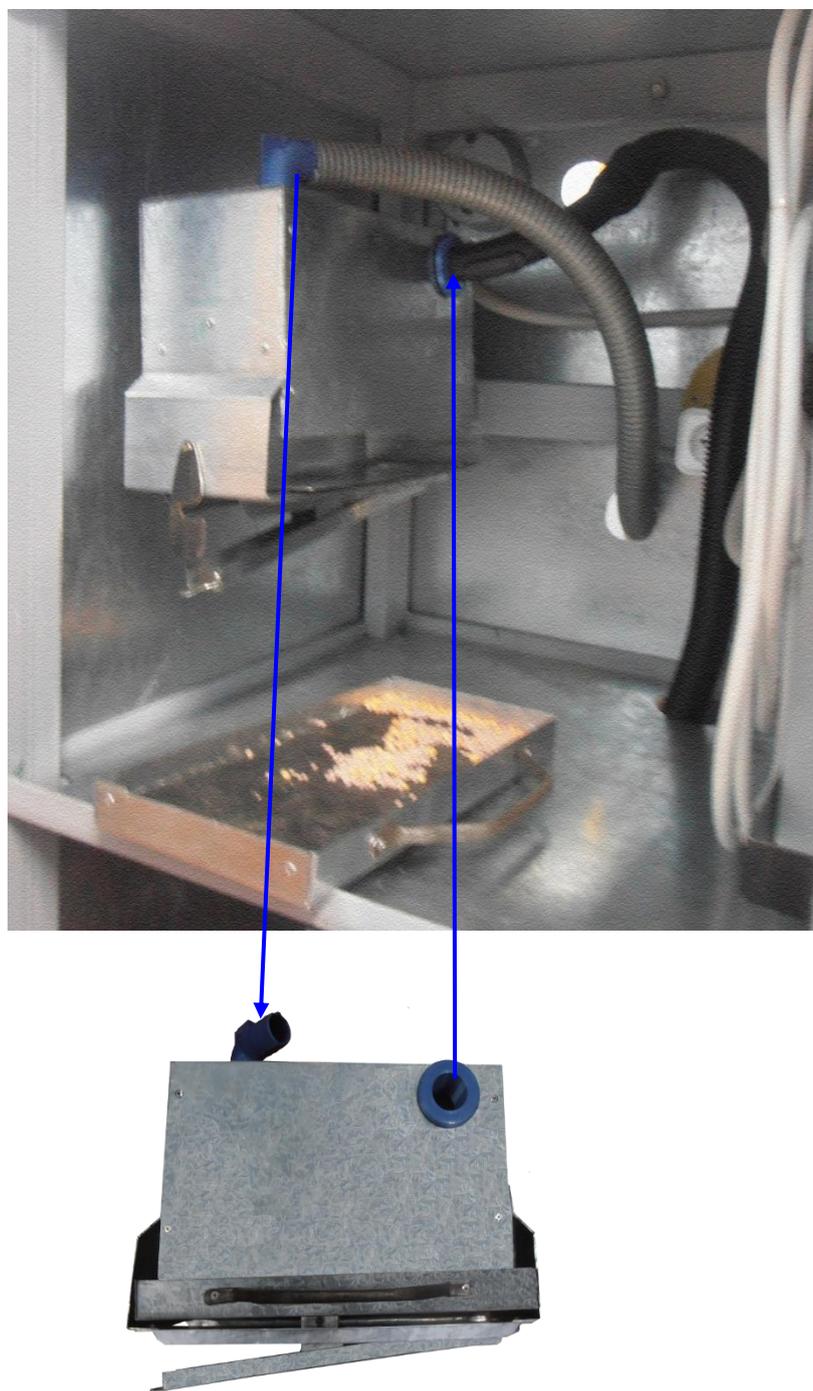


Рисунок 12 – Отсек с гофрированными трубками ПВХ диаметром 16 мм и 32 мм, семясборником и проводами электропитания

Электрический щит монтажный с панелью приведен на рисунке 13.



Рисунок 13 – Общий вид электрического щита монтажного

3.2 Техническая характеристика специализированного оборудования

Техническая характеристика специализированного оборудования для определения характеристик высевающих аппаратов сеялок точного высева приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Техническая характеристика специализированного оборудования для определения характеристик высевающих аппаратов сеялок точного высева

Наименование показателя	Значение показателя
Тип устройства	Мобильный
Марка	ИУ-96
Тип привода высевающих аппаратов	Электромеханический
Входное напряжение в сети от внешнего источника, В:	220
- напряжение, подаваемое на электродвигатель преобразователем частоты, В	220
- потребляемый ток электродвигателя, А	3,5

Окончание таблицы 1

Наименование показателя	Значение показателя
Пределы измерения частоты вращения диска высевающего аппарата, об/мин	От 15 до 40
Тягомер мембранный показывающий Тм МП-100-М1, шт.	2
Высевающий аппарат пневматического принципа действия	Сеялки фирмы Mater Масс (мод. 3XL)
Диаметр отверстий диска, мм, для культур: - кукурузы - подсолнечника - сои - сахарной свеклы дражированной/недражированной	4,5 3 4,5 2,25/1,75
Число отверстий на диске, шт., по культурам для: - кукурузы - подсолнечника - сои - сахарной свеклы дражированной/недражированной	24 24 60 30/30
Высев семян, шт./м, по культурам: - кукурузы - подсолнечника - сои - сахарной свеклы дражированной/недражированной	3, 5, 7 3, 5, 7 16, 23, 30 6, 8, 10
Габаритные размеры устройства в рабочем положении, мм: - высота - ширина - длина	1500±2,0 670±1,0 1400±2,0
Габаритные размеры устройства в транспортном положении, мм: - высота - ширина - длина	1500±2,0 670±1,0 1400±2,0
Количество обслуживающего персонала, чел.	1
Масса, кг	85

Приведенная в таблице 1 техническая характеристика обуславливает потенциальные возможности специализированного оборудования по обеспечению режимов работы высевающих аппаратов сеялок точного высева.

3.3 Лабораторные исследования определения характеристик высевающих аппаратов для пропашных сеялок точного высева с применением специализированного оборудования

Лабораторные исследования проверки работоспособности разработанного специализированного оборудования для определения характеристик высевающих аппаратов сеялок точного высева проводились в помещении лаборатории разработки испытательного оборудования, в соответствии с методикой (приложение Б).

Частота вращения высевающего диска, определяющая режим работы ВА, проверялась тахометром класса точности 1,0, общий вид которого приведен на рисунке 14.



Рисунок 14 – Тахометр ТЧ 10 – Р ГОСТ 20339-82

Перепад давления в направляющей трубке, в дренажных отверстиях и в зазоре пневматического устройства с датчиком определялся микроманометром чашечного многопредельным класса точности 1,0, общий вид которого приведен на рисунке 15.

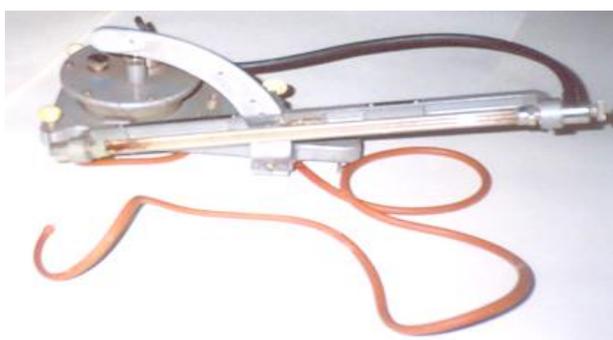


Рисунок 15 – Микроманометр чашечный многопредельный ММН-240

Фрагмент проведения лабораторных исследований показан на рисунке 16.



Рисунок 16 – Фрагмент проведения лабораторных исследований работоспособности разработанного специализированного оборудования для определения характеристик высевающих аппаратов сеялок точного высева

С применением в конструкции специализированного оборудования разработанного пневматического устройства с акустическим датчиком единичной регистрации семян были проведены исследования моделирования режимов работы высевающего аппарата сеялки фирмы Mater Mass (мод. 3XL) по распределению сфер-имитаторов семян, семян кукурузы, и подсолнечника в рядок. Выбранные объекты исследований приведены на рисунке 17 видами а) - в) [27]–[30].



а) сферы-имитаторы б) семена кукурузы в) семена подсолнечника

Рисунок 17 – Общий вид семян

Норма высева семян кукурузы (подсолнечника) и скорость движения сеялки обеспечиваются частотой равномерного вращения высевающего диска с определенным числом отверстий. Частота вращения высевающего диска обеспечивается регулятором вращения вала двигателя, расположенном на пульте управления преобразователя частоты, Точность частоты вращения контролируется до сотых долей, высвечиваемая в электронном табло.

Частота преобразователя напряжения, частота вращения высевающего диска, скорость движения сеялки и норма высева семян кукурузы (подсолнечника) приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Норма высева семян и скорость движения сеялки, обеспечиваемые частотой вращения высевающего диска

Частота преобразователя напряжения, Гц	Частота вращения высевающего диска, мин ⁻¹	Скорость движения сеялки, км/ч		
		Норма высева семян кукурузы (подсолнечника), шт./пог. м		
		3	5	7
15	17	8,2	4,9	3,5
16	18	8,7	5,3	3,8
17	19	9,3	5,6	4,0
18	21	9,8	5,9	4,2
19	22	10,4	6,2	4,5
20	23	10,9	6,6	4,7
21	24	11,5	6,9	4,9
22	25	12,0	7,2	5,2
23	26	12,6	7,6	5,4
24	27	13,1	7,9	5,6
25	29	13,7	8,2	5,9
26	30	14,2	8,5	6,1
27	31	14,8	8,9	6,3

Окончание таблицы 2

Частота преобразователя напряжения, Гц	Частота вращения высевającego диска, мин ⁻¹	Скорость движения сеялки, км/ч		
		Норма высева семян кукурузы (подсолнечника), шт./пог. м		
		3	5	7
28	32	15,3	9,2	6,6
29	33	15,9	9,5	6,8
30	34	16,4	9,8	7,0
31	35	16,9	10,2	7,3
32	36	17,5	10,5	7,5
33	38	18,0	10,8	7,7
34	39	18,6	11,2	8,0
35	40	19,1	11,5	8,2
36	41	19,7	11,8	8,5
37	42	20,2	12,1	8,7
38	43	20,8	12,5	8,9
39	44	21,3	12,8	9,2
40	46	21,9	13,1	9,4
41	47	22,4	13,5	9,6
42	48	23,0	13,8	9,9
43	49	23,5	14,1	10,1
44	50	24,1	14,4	10,3
45	51	24,6	14,8	10,6
46	52	25,1	15,1	10,8
47	54	25,7	15,4	11,0
48	55	26,2	15,8	11,3
49	56	26,8	16,1	11,5
50	57	27,3	16,4	11,7

График зависимости оборотов высевającego диска от заданной частоты преобразователя напряжения приведен на рисунке 18.

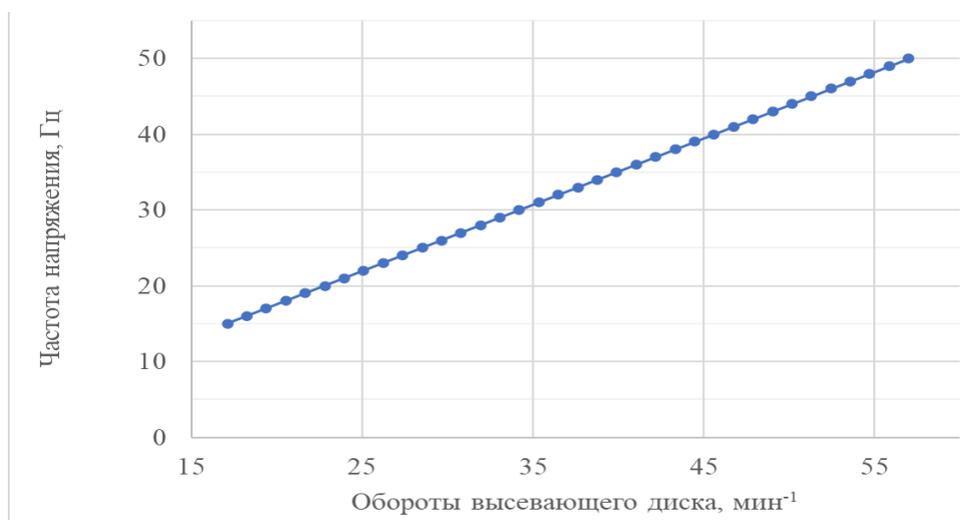


Рисунок 18 – График калибровки зависимости частоты вращения высевającego диска от заданной частоты преобразователя напряжения

В соответствии с «Методикой определения характеристик высевяющих аппаратов сеялок точного высева с применением разработанного специализированного оборудования» (приложение Б), регистрируемые датчиком специализированного оборудования семена, передавались электрическими импульсами на компьютер и регистрировались, установленной на компьютере программой «Audacity» для записи аудио, которая способна сохранять полученные данные в формате *.WAV.

Общий вид колебаний с промежутками времени между ними (в верхней части рабочего окна, полученный с применением программы «Audacity»), характеризующими процесс моделирования ВА по распределению семян в рядок, показан на мониторе ПК (рисунок 19).

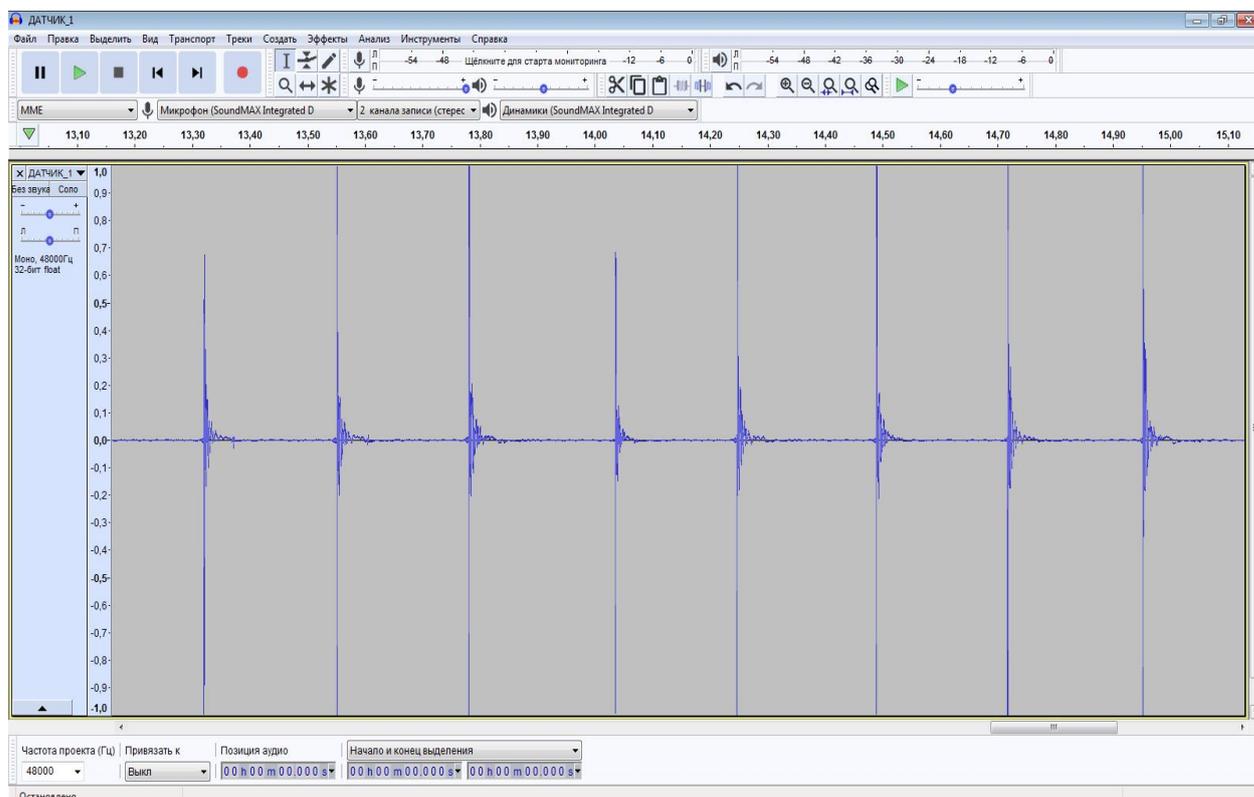


Рисунок 19 – Общий вид окна монитора ПК с изображением колебаний и промежутков времени между ними, характеризующими процесс моделирования ВА по распределению семян в рядок

Для анализа полученных данных была применена программа «PTC Mathcad Prime» по представлению распределений в графическом виде.

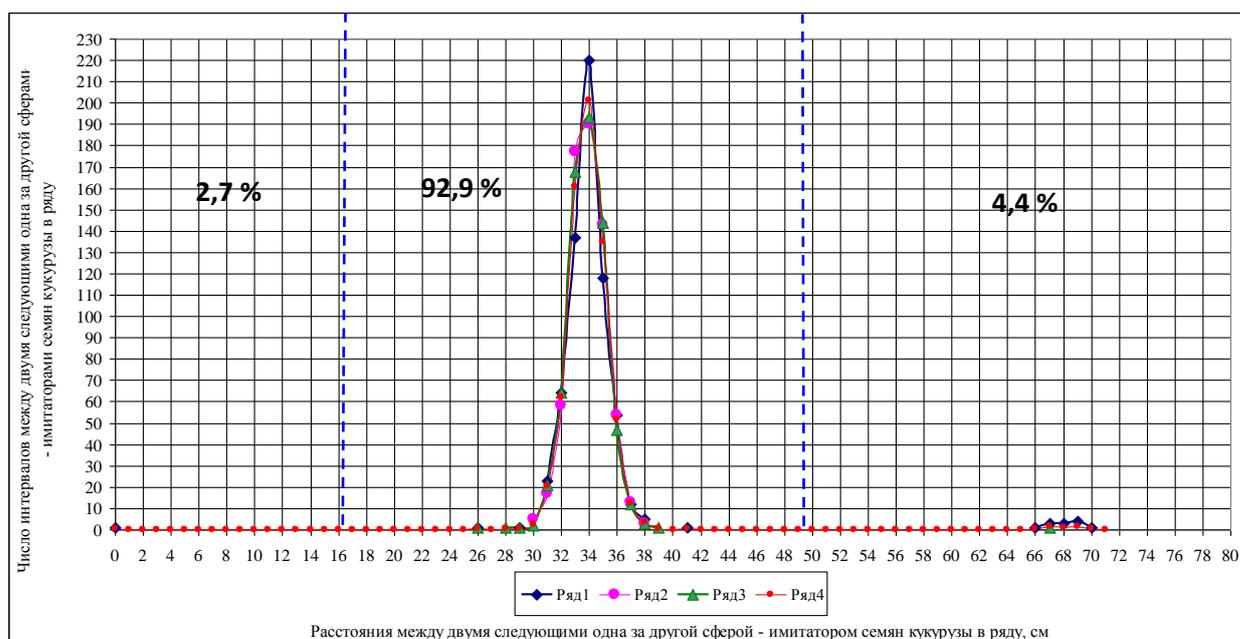
На рисунке 20 приведены сферы-имитаторы семян, удерживаемые пневмовакуумом насоса в отверстиях диска при моделировании работы высевающего аппарата сеялки фирмы Mater Mass (мод. 3XL).



Рисунок 20 – Сферы-имитаторы семян, удерживаемые пневмовакуумом насоса в отверстиях диска при моделировании работы высевающего аппарата сеялки фирмы Mater Mass (мод. 3XL)

Исследования режимов работы высевающего аппарата по распределению семян кукурузы в рядок при нормах высева семян 3, 5 и 7 шт./м были проведены для условной рабочей скорости движения сеялки 1,94 м/с (6,85 км/ч), результаты которых приведены на рисунках 21-26.

На рисунке 21 приведены данные из трех повторностей опыта о числе интервалов между двумя, следующими одна за другой, сферами-имитаторами семян кукурузы в рядок, в зависимости от расчетных расстояний между двумя, следующими одна за другой, сферой-имитатором в рядок, см, при норме высева 3 шт./пог. м.



Ряд 1 – первая повторность; ряд 2 – вторая повторность; ряд 3 – третья повторность; ряд 4 – суммарная

Рисунок 21 – Число интервалов между двумя, следующими одна за другой, сферой-имитатором семян кукурузы в рядке, в зависимости от расчетных расстояний между двумя, следующими одна за другой, сферой-имитатором семян кукурузы в рядке (норма высева 3 шт./пог. м)

Из данных, приведенных на рисунке 21 следует, что в соответствии с ГОСТ 31345 [31] число сфер-имитаторов с их распределением в рядок, имеющие интервалы меньше нормы составляют 2,7 %, а больше нормы – 4,4 %. Норма распределения, при которой различие расстояний между двумя, следующими одна за другой, сферой-имитатором семян кукурузы в рядок, находится в пределах от 16,7 до 50 см, с изменяющимся их числом от 2 до 220, составляет 92,9 %.

На рисунке 22 приведены данные из трех повторностей опыта о числе интервалов между двумя, следующими одна за другой, сферами-имитаторами семян кукурузы в рядок, в зависимости от расчетных расстояний между двумя, следующими одна за другой, сферой-имитатором в рядок при норме высева 5 шт./пог. м.

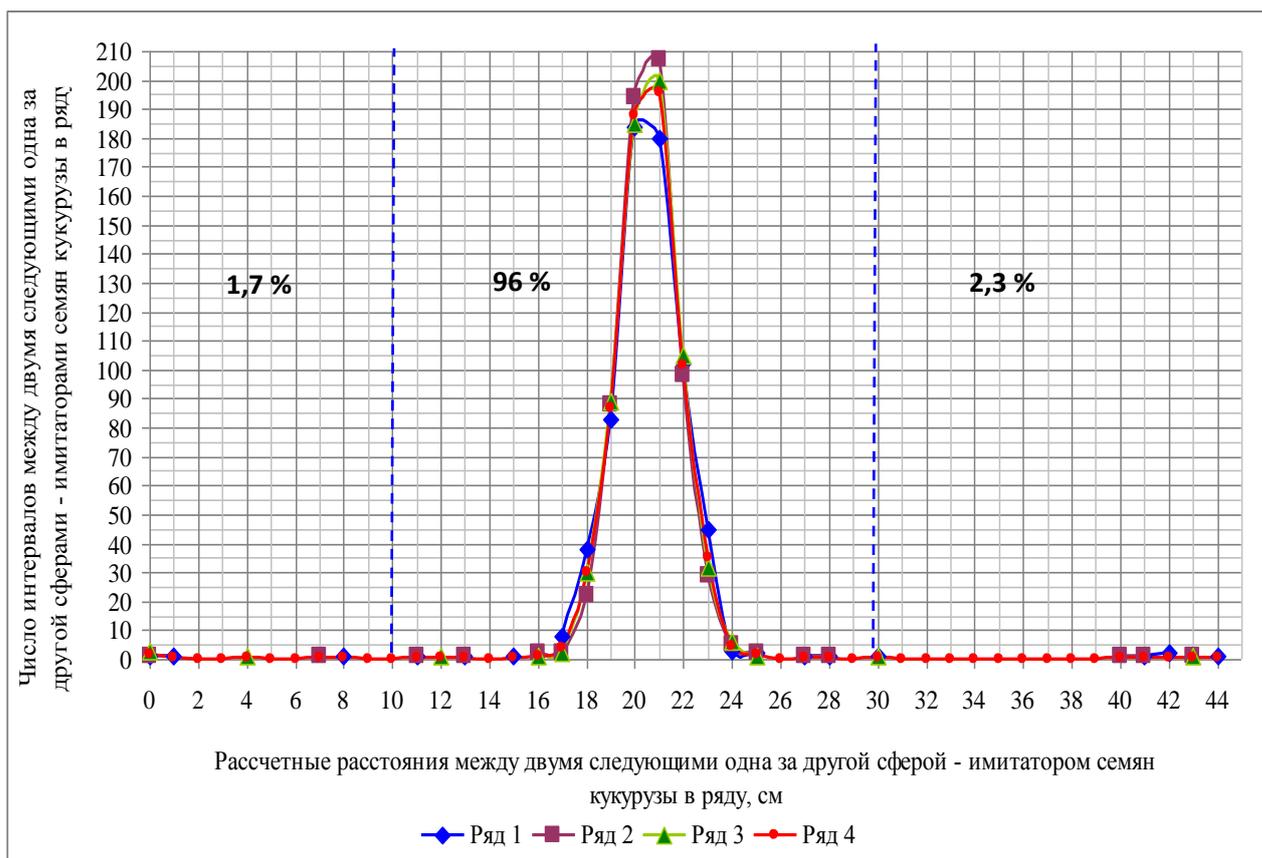


Рисунок 22 – Число интервалов между двумя, следующими одна за другой, сферой-имитатором семян кукурузы в рядке, в зависимости от расчетных расстояний между двумя, следующими одна за другой, сферой-имитатором семян кукурузы в рядке (норма высева 5 шт./пог. м)

Из данных, приведенных на рисунке 22, следует, что в соответствии с ГОСТ 31345 [31] число сфер-имитаторов с их распределением в рядок, имеющие интервалы меньше нормы составляют 1,7 %, а больше нормы – 2,3 %. Норма распределения, при которой различие расстояний между двумя, следующими одна за другой, сферой-имитатором семян кукурузы в рядок, находится в пределах от 10 до 30 см, с изменяющимся их числом от 2 до 210, составляет 96 %.

Использование калиброванных семян позволяет более равномерно распределять их в рядах, что обеспечивает снижение затрат труда по уходу за посевами, экономию посевного материала и повышение урожайности.

Калибровка семян для посева обязательна, так как они различаются по размерно-массовым характеристикам. Размерно-массовые характеристики калиброванных семян кукурузы, применяемых в опытах, приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Размерно-массовые характеристики семян кукурузы

Размер семян кукурузы, см									Масса 1000 зерен, г
длина			ширина			толщина			
средняя	макс.	мин.	средняя	макс.	мин.	средняя	макс.	мин.	
11,0	15,0	6,0	7,1	10,0	3,0	3,4	6,0	2,0	287,0

Из данных таблицы 3 следует, что длина, ширина, толщина семян кукурузы, объемная и единичная их масса (в таблице 3 приведена средняя величина массы семян) имеют самые различные значения, характеризующие их неправильную форму.

На рисунке 23 приведены семена кукурузы, удерживаемые пневмовакuumом насоса в отверстиях диска при моделировании работы высевяющего аппарата сеялки фирмы Mater Масс (мод. 3XL).



Рисунок 23 – Семена кукурузы, удерживаемые пневмовакuumом насоса в отверстиях диска, при моделировании работы высевяющего аппарата сеялки фирмы Mater Масс (мод. 3XL)

На рисунке 24 приведены данные о числе интервалов между двумя, следующими одно за другим, семенами кукурузы в ряду, в зависимости от расчетных расстояний между двумя, следующими одно за другим, семенами кукурузы в ряду при норме высева 3 шт./пог. м.



Ряд 1 – первая повторность; ряд 2 – вторая повторность; ряд 3 – третья повторность; ряд 4 – суммарная

Рисунок 24 – Число интервалов между двумя, следующими одно за другим, семенами кукурузы в рядке, в зависимости от расчетных расстояний между двумя, следующими одно за другим, семенами кукурузы в ряду (норма высева 3 шт./пог. м)

Из данных, приведенных на рисунке 24 следует, что в соответствии с ГОСТ 31345 [31] число семян кукурузы с их распределением в рядок, имеющие интервалы меньше нормы составляют 2,6 %, а больше нормы – 4,2 %. Норма распределения, при которой различие расстояний между двумя следующими одна за другой семян кукурузы в рядок, находится в пределах от 16,7 до 50 см, с изменяющимся их числом от 2 до 205, составляет 93,2 %.

На рисунке 25 приведены данные о числе интервалов между двумя, следующими одно за другим, семенами кукурузы в ряду, в зависимости от расчетных расстояний между двумя, следующими одно за другим, семенами кукурузы в ряду при норме высева 5 шт./пог. м.

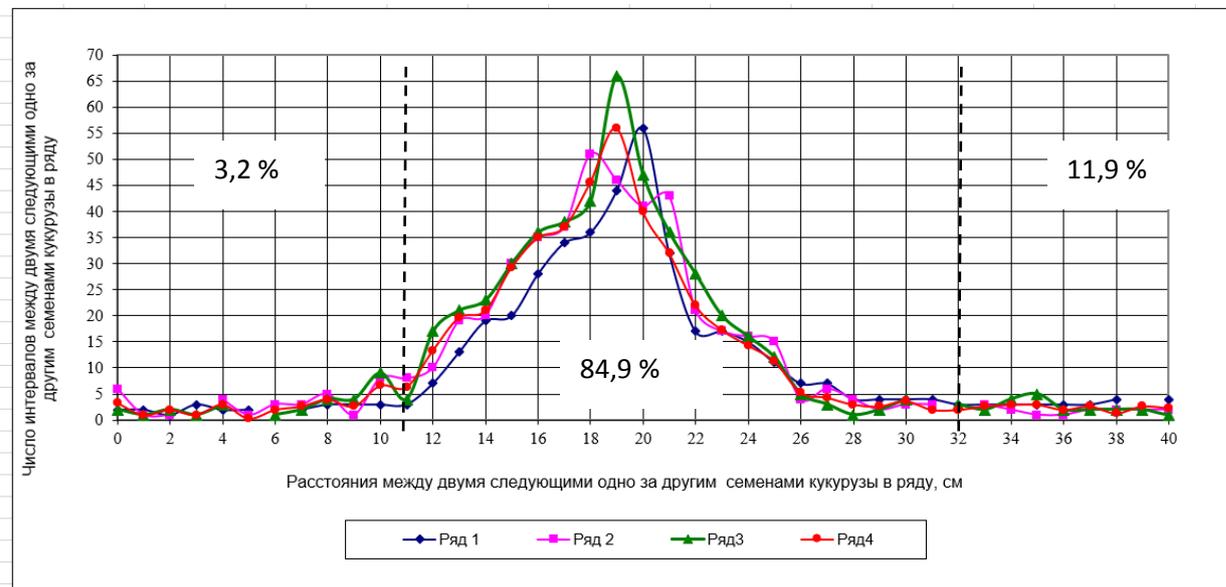
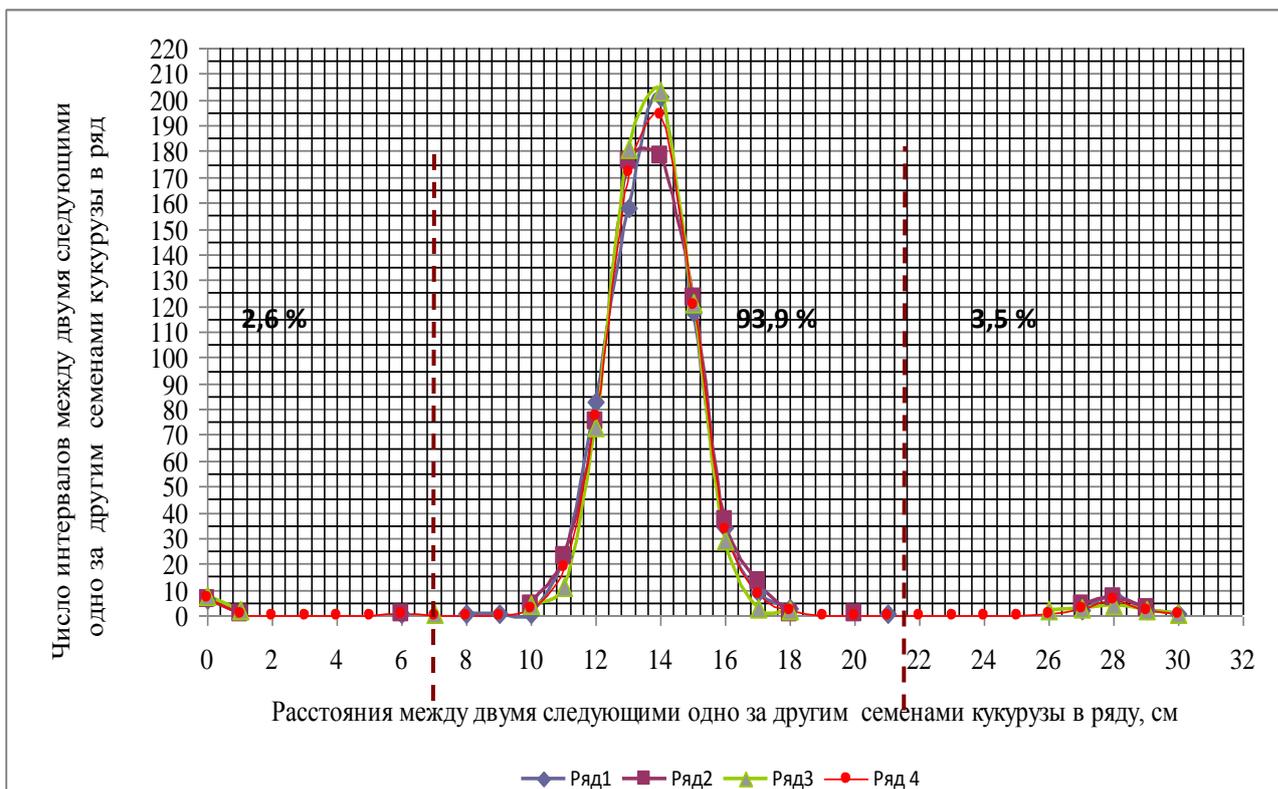


Рисунок 25 – Число интервалов между двумя, следующими одно за другим семенами кукурузы в рядке, в зависимости от расчетных расстояний между двумя, следующими одно за другим, семенами кукурузы в ряду (норма высева 5 шт./пог. м)

Из данных, приведенных на рисунке 25 следует, что в соответствии с ГОСТ 31345 [31] число семян кукурузы с их распределением в рядок, имеющие интервалы меньше нормы составляют 3,2 %, а больше нормы – 1,9 %. Норма распределения, при которой различие расстояний между двумя следующими одно за другим семенами кукурузы в рядке, в зависимости от расчетных расстояний между двумя следующими одно за другим семенами кукурузы в ряду (норма высева 5 шт./пог. м) кукурузы в рядок, находится в пределах от 10 до 30 см, с изменяющимся их числом от 2 до 50, составляет 84,9 %.

На рисунке 26 приведены данные о числе интервалов между двумя, следующими одно за другим, семенами кукурузы в ряду, в зависимости от расчетных расстояний между двумя, следующими одно за другим, семенами кукурузы в ряду при норме высева 7 шт./пог. м.



Ряд 1 – первая повторность; ряд 2 – вторая повторность; ряд 3 – третья повторность; ряд 4 – суммарная

Рисунке 26 – Число интервалов между двумя, следующими одно за другим, семенами кукурузы в рядке, в зависимости от расчетных расстояний между двумя, следующими одно за другим, семенами кукурузы в ряду (норма высева 7 шт./пог. м)

Из данных, приведенных на рисунке 26 следует, что в соответствии с ГОСТ 31345 [32] число семян кукурузы с их распределением в рядок, имеющие интервалы меньше нормы составляют 2,6 %, а больше нормы – 3,5 %. Норма распределения, при которой различие расстояний между двумя следующими одна за другой сферой-имитатором семян кукурузы в рядок, находится в пределах от 7 до 21,4 см, с изменяющимся их числом от 2 до 205, составляет 93,9 %.

Результаты статистической оценки распределения семян кукурузы в рядок пневматическим высевающим аппаратом в составе стендового оборудования в сравнении с распределением сфер-имитаторов при условной скорости движения сеялки 1,94 м/с (6,85 км/ч) приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты статистической оценки распределения семян кукурузы в рядок пневматическим высевальным аппаратом в составе стендового оборудования в сравнении с распределением сфер-имитаторов при условной скорости движения сеялки 1,94 м/с (6,85 км/ч)

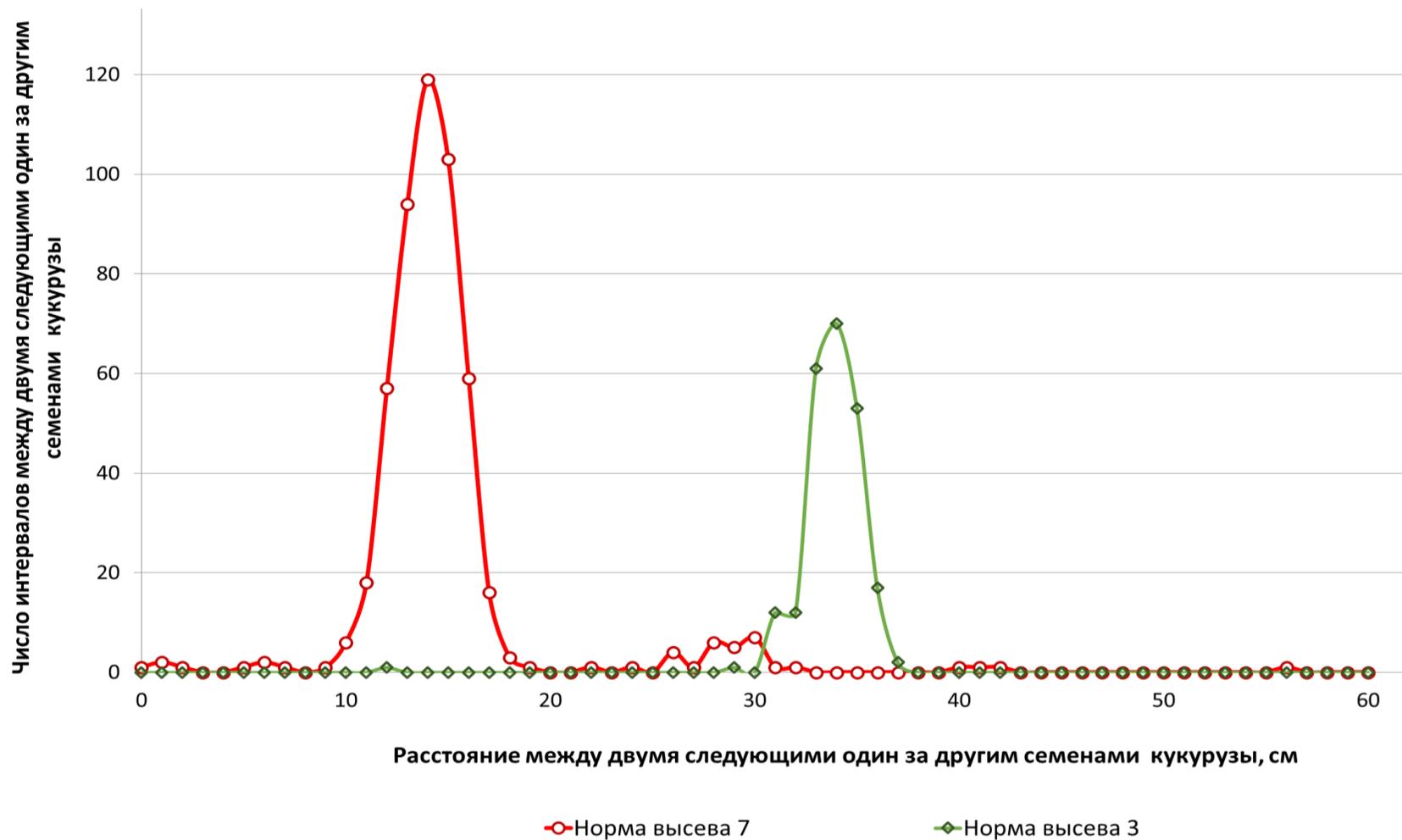
Наименование показателя в соответствии с нормальным распределением семян	Значения показателя				
	Сферы-имитаторы семян кукурузы		Калиброванные семена кукурузы		
	Норма высева (шт./пог. м)				
	3	5	3	5	7
Статистическая характеристика вы- борки распределения в рядок:					
- среднеарифметическое, см	35,26	21,09	35,13	18,92	14,34
- среднеквадратическое отклоне- ние, см	6,59	2,42	2,64	1,48	2,83

Из приведенных в таблице 4 данных следует, что фактические показатели по среднему числу распределения в рядок сфер-имитаторов и семян кукурузы при нормах высева 3, 5 и 7 шт./пог. м отличаются незначительно.

Среднеквадратическое отклонение составляет от 2,42 до 6,59 см. Значения коэффициента вариации для сфер-имитаторов семян при распределении в рядок на 11,15 % больше, чем для семян кукурузы при норме их высева 3 шт./пог. м. При распределении в рядок сфер-имитаторов семян с нормой 3 шт./пог. м коэффициент вариации на 7,21 % больше, чем при их высева с нормой 5 шт./пог. м. При распределении в рядок семян кукурузы с нормой высева 7 шт./пог. м коэффициент вариации больше на 12,22 %, чем с нормой их высева 3 шт./пог. м.

Исследования режимов работы высевального аппарата по распределению семян кукурузы в рядок при нормах высева семян 3 и 7 шт./пог. м были проведены для условной рабочей скорости движения сеялки 2,5 м/с (9 км/ч).

Из данных рисунка 26 следует, что при регистрировании 475 семян теоретической норме высева 7 шт./пог. м соответствует 24,8 % семян. С меньшими расстояниями между семенами от теоретической нормы находится 36,9 % семян, а с большими расстояниями – 38 %.



Рисунке 27 – Распределение семян кукурузы в рядок при нормах высева семян 3 и 7 шт./пог. м для условной рабочей скорости движения сеялки 2,5 м/с (9 км/ч)

Из данных рисунка 27 следует, что при регистрировании 227 семян теоретической норме высева 3 шт./пог. м соответствует 30,9 % семян. С меньшими расстояниями между семенами от теоретической нормы находится 37,4 % семян, а с большими расстояниями – 31,7 %.

По результатам сравнительных показателей можно предположить, что при увеличении числа семян при норме высева 3 шт./пог. м в опыте до числа семян равного 475 шт., как это получено при норме высева 7 шт./пог. м, то теоретической норме высева при норме высева 3 шт./пог. м, должно соответствовать более 60 %, а с расположением таких семян с меньшим и большим расстоянием соответственно уменьшится.

Опыты по распределению семян подсолнечника в рядок высевающим аппаратом с нормой высева 3 шт./пог. м для условной скорости движения сеялки 9 км/ч приведены на рисунках 28-31.

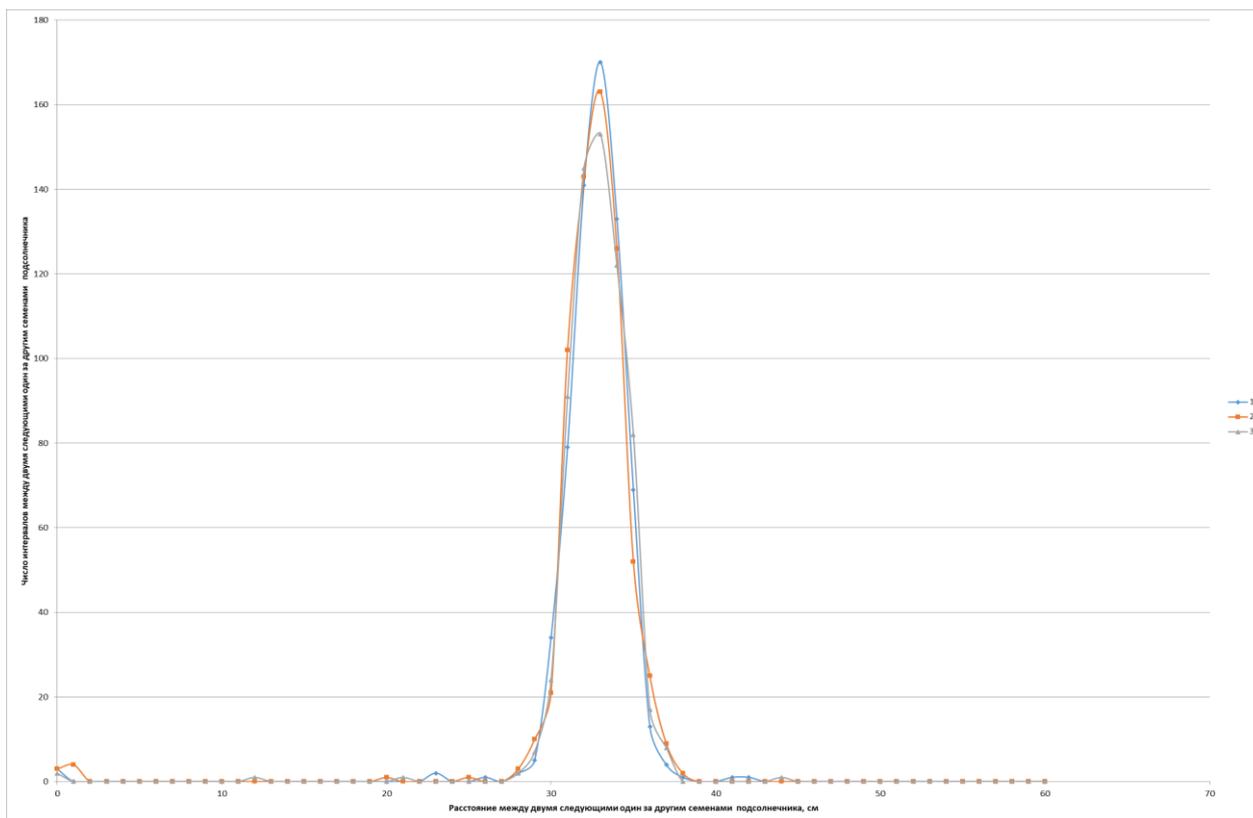


Рисунок 28 – Число интервалов между двумя, следующими одна за другой, сферой-имитатором семян подсолнечника в рядке, в зависимости от расчетных расстояний между двумя, следующими одна за другой, сферой-имитатором семян подсолнечника в рядке (норма высева 3 шт./пог. м)

На рисунке 29 приведены семена подсолнечника, удерживаемые пневмовакуумом насоса в отверстиях диска при моделировании работы высевающего аппарата сеялки фирмы Mater Mass (мод. 3XL).



Рисунок 29 – Семена подсолнечника, удерживаемые пневмовакуумом насоса в отверстиях диска, при моделировании работы высевающего аппарата сеялки фирмы Mater Mass (мод. 3XL)

На рисунке 30 приведены данные о числе интервалов между двумя, следующими одно за другим, семенами подсолнечника в ряду, в зависимости от расчетных расстояний между двумя, следующими одно за другим, семенами подсолнечника в ряду, см, при норме высева 3 шт./пог. м для условной скорости движения сеялки 9 км/ч.

Классовое распределение числа семян подсолнечника в рядке приведено опытными данными рисунка 30 и таблицы 5 [27], [28], [32], [33].

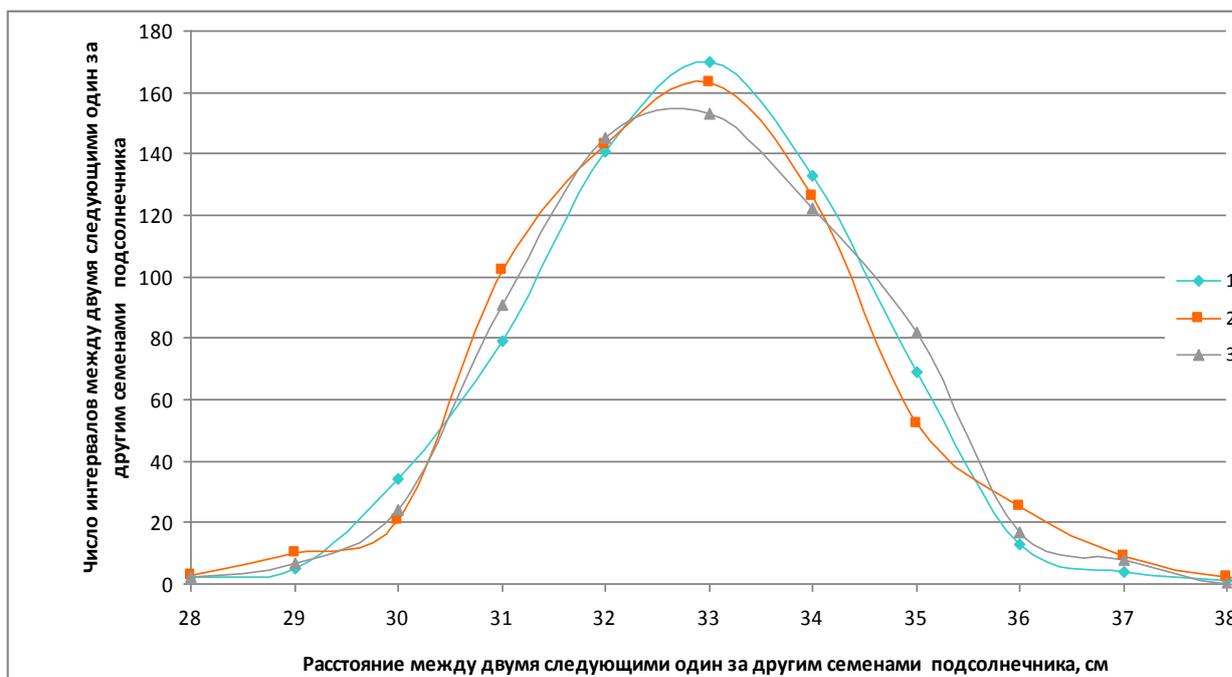


Рисунок 30 – Число промежутков между двумя, следующими один за другим, семенами подсолнечника в классовых диапазонах, при их распределении в рядок

Из данных рисунка 30 следует, что у экспериментальной кривой зона рассеивания, при нормальном распределении семян подсолнечника в рядок режимами работы ВА (таблица 1), практически ограничена конечными пределами от 28 до 38 см.

Опытные значения расстояний между семенами, количественные и средние значения семян, шт., с расстояниями между ними в опытах, а также разброс отдельных результатов измерения относительно среднего арифметического значения приведены в таблице 2. Точечная оценка среднеквадратичного отклонения расстояний $\sigma_{\bar{x}}$ в опытах, м ($\sigma_{\bar{x}} = 20,31$; $\sigma_{\bar{x}} = 19,9$; $\sigma_{\bar{x}} = 20,74$) свидетельствует о перспективности применения метода и специализированного оборудования [27], [28], [32], [33] для получения информационных сведений о рациональных режимах работы ВА в составе сеялок точного высева.

Таблица 5 – Расстояния между семенами, количественные и средние значения семян с расстояниями между ними в опытах, а также разброс результатов измерения относительно среднего арифметического значения

№ опыта	Расстояния между семенами, см											Сумма	
	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38		
Число семян, шт., с расстояниями между семенами в опытах													
1	2	10	21	102	145	163	126	52	25	9	2	657	
2	0	7	24	91	143	153	122	82	17	8	0	647	
3	2	7	34	79	141	170	133	69	13	4	0	652	
Средние число семян $n_{ср}$, шт., с расстояниями между семенами в опытах													
$n_{ср}$	1,33	8	26,3	90,7	143	162	127	67,7	15	7	0,7	648,8	
Частота p_i , соответствующая данному разряду													
p_1	0,003	0,01522	0,03226	0,1553	0,221	0,2481	0,192	0,0791	0,0381	0,0014	0,003	1	
p_2	0	0,011	0,0371	0,1407	0,221	0,2365	0,1886	0,1267	0,0263	0,0124	0	1	
p_3	0,0031	0,0107	0,0521	0,1212	0,2163	0,2607	0,204	0,1058	0,02	0,0061	0,0031	1	
Суммарные расстояния в классовых промежутках, м												Сумма	$\sigma_{\bar{x}}$
$l_{оп 1}$	0,56	2,9	6,3	31,62	46,4	53,79	42,84	18,2	9	3,33	0,76	215,7	20,31
$l_{оп 2}$	0,28	2,03	7,2	29,14	45,76	50,49	41,48	28,7	6,12	2,96	0,38	214,54	19,9
$l_{оп 3}$	0,56	2,03	10,2	24,49	45,12	56,1	45,22	24,15	4,68	3,33	0,38	216,26	20,7
$\sum l, м$	1,4	7,176	23,7	85,25	137,28	160,38	129,54	71,05	19,8	9,62	1,656	646,852	-
Сред-нее	0,47	2,392	7,9	28,42	45,76	53,76	43,18	23,683	6,6	3,207	0,552	-	-
$\sigma_{\bar{x}}$	0,465	0,721	2,888	3,62	0,64	4,02	2,68	7,45	3,11	0,368	0,32	-	-

Приведенными исследованиями установлено, что с применением пневматического транспортирования семян и единичной их регистрации специализированным оборудованием экспериментально показана возможность применения закона больших чисел для исследования перспективной технологии распределения качественных семян в рядок высевающим аппаратом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведения исследований в области получения достоверных информационных сведений о технологических режимах функционирования высевяющих аппаратов по распределению семян пропашных культур в рядок для сеялок однозернового посева установлено, что при их испытании необходимы специализированные средства.

Для обеспечения равномерного вращения высевяющего диска применен электродвигатель с преобразователем напряжения, позволяющий регулятором частоты обеспечивать вращение вала двигателя до сотых долей, а через муфту и систему цепных передач со звездочками вращение высевяющего диска высевяющего аппарата в составе параллелограмма высевяющей секции сеялки фирмы Mater Mass.

Для обеспечения удержания семян в отверстиях высевяющего диска в высевяющем аппарате и пневматического транспортирования семян к датчику и их регистрации применены вакуумные насосы со средствами контроля разряжения.

Для получения информационных данных и их сохранения в формате *.WAV применена программа «Audacity» и программа для анализа полученных данных «PTC Mathcad Prime».

Лабораторными опытами установлено, что решение существующей проблемы по выбору качественных семян для посева и их рациональному распределению в рядок режимами работы ВА возможно с применением закона больших чисел, принадлежащему Якобу Бернулли. Регистрация большого числа высевяемых семян до 2000 шт. специализированным оборудованием и построением нормального их графического распределения с точечной оценкой среднего квадратического отклонения от среднего количества семян в опыте.

Результаты проведенных исследований являются новыми и свидетельствуют о продолжении работ в области исследования качества семян и их распределения в рядок высевяющим аппаратом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Астахов В.С. Пневматические сеялки нового поколения. / В.С. Астахов // Тракторы и сельхозмашины. 1998. – № 10. – С. 7–8.
- 2 Басин В.С. Состояние и тенденции развития конструкций зарубежных сеялок для сахарной свеклы. / В.С. Басин // Обзор ЦНИИТЭИ тракторы и сельхозмашины. М., 1978. – Вып. 1. – С. 76.
- 3 Бондаренко П.А. Новые технические средства посева сельскохозяйственных культур. / П.А. Бондаренко // Проблемы борьбы с засухой: сб. науч. тр. Ставрополь: Изд-во СтГАУ «АГРУС», 2005. – Т. 2. – С. 37–42.
- 4 Брандт Ю.К. Тенденции развития посевных и посадочных машин. / Ю.К. Брандт В.А. Соколов // Обзорная информация / ВНИИТЭИСХ. М., 1982. – 82 с.
- 5 Будагов А.А. Точный посев овощных культур и площади питания. / А.А. Будагов // Нормы высева, способы посева и площади питания сельскохозяйственных культур. М., Колос. – 1971. – С. 440–445.
- 6 Гусев В.М. Анализ конструкций пропашных сеялок зарубежных фирм. / В.М. Гусев, В.А. Озбашев, В.Е. Хорунженко, И.К. Смирнов // Тракторы и сельхозмашины. – 1984. – № 9. – С. 30.
- 7 Гусев В.М. Тенденции развития конструкций и пропашных сеялок. / В.М. Гусев, С.К. Иваница // Обзорная информация. М.: ЦНИИ-ТЭИ тракторосельхозмаш, 1982. – Вып.10. – 32 с. – (Сер. Сельскохозяйственные машины и орудия).
- 8 Гусинцев Ф.Г. Технологические основы механизации посева и формирование густоты насаждений пропашных культур: дис. д-ра тех. наук. / Гусинцев Ф.Г. Л.; Пушкин. – 1971. – 82 с.
- 9 Гячев Л.В. Движение сыпучих материалов в трубах и бункерах. / Л.В. Гячев. – М.: Машиностроение. – 1968. – 184 с.
- 10 Кочемасов А.В. Совершенствование процесса высева семян сорго пневмовакуумным порционным аппаратом пропашной селекционной сеялки:

дис. канд. тех. наук. / Кочемасов А.В. – зерноград. – 2005. – 150 с.

11 Лобачевский П.Я. Закономерности подачи технологического материала дискретными дозаторами. / Я. П. Лобачевский // Вест. Рос. акад. с.-х. наук. – 1999. – № 6. – С. 33–35.

12 Пахайло А.И. Оптимизация параметров сельскохозяйственных бункерных устройств в условиях сводообразующих сыпучих материалов: дис. канд. тех. наук. / Пахайло А.И. – зерноград. – 1997. – 146 с.

13 Чичкин В.П. Овощные сеялки и комбинированные агрегаты: теория, конструкция, расчет. / В.П. Чичкин. Кишинев: Штиинца, 1984. – 392 с

14 Яцына С.К. Экспериментально-теоретические исследования пневматического высевающего аппарата. / С.К. Яцына // Сб. науч. тр. / ЦНИИМЭСХ Нечерноземной зоны СССР. – Минск. – 1964. – Т. 2. – С. 203–212.

15 Schunke U. Was Sie Ohren Kunden empfehlen sollten / U. Schunke // Agrartechnik. – 1991. – № 11. – P. 122–126.

16 Федоренко В.Ф., Буклагин Д.С., Ерохин М.Н., Табашников А.Т., Аронов Э.Л., Мишуров Н.П., Киреев И.М., Марченко Р.А., Колчин Л.М., Кузьмин В.Н. Техника и технологические требования к перспективной сельскохозяйственной технике. – М.: ФГНУ Росинформагротех, 2011. – 248 с.

17 Лурье А.Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов: изд. 2-е перераб. и доп. – М.: Колос, 1981. – 382 с.

18 Лурье А.Б. К оценке эффективности использования автоматических систем и контроля рабочего процесса зерновой сеялки // Научные труды ЛСХИ. – 1978. – С. 41–45.

19 Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и работы опытных данных. Изд.2-е, доп.– М.: изд-во Колос, 1967. – 159 с.

20 Схиртладзе А.Г., Радкевич Я.М. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник / А.Г. Схиртладзе, Я.М. Радкевич. – Старый Оскол: ТНТ, 2011. – 540 с.

21 Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. В 2-х томах. – Т. 1: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984 – 528 с.

- 22 Вентцель Е.С. Теория вероятностей. Издательство «Государственное издательство физико-математической литературы». – М. – 1962. – 564 с.
- 23 Колмогоров А.Н. Основные понятия теории вероятностей. Главная редакция физико-математической литературы. – М.: Изд-во Наука, 1974. – 120 с.
- 24 Лурье А.Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов: изд. 2-е перераб. и доп. – М.: Колос, 1981. – 382 с.
- 25 Рубинов А.М., Шапиев К.Ш. Элементы математического анализа. Пособие для учителей. – М.: Изд-во Просвещение, 1972. – 278 с.
- 26 Агекян Т.А. Теория вероятностей для астрономов и физиков. Главная редакция физико-математической литературы.– М.: Изд-во Наука. 1974. – 264 с.
- 27 Киреев И.М., Коваль З.М. Результаты испытаний высевающего аппарата точного распределения семян кукурузы в рядок // АгроФорум. – 2019. – № 2. – С. 27–29.
- 28 Киреев И.М., Коваль З.М. Исследование распределения семян пневматическим высевающим аппаратом точного высева // Техника и оборудование для села. – 2018. – № 6. – С. 12–18.
- 29 Киреев И.М., Коваль З.М. Результаты распределения дражированных семян сахарной свеклы в рядок высевающим аппаратом для рациональной технологии работы сеялки // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: (матер. XI Международной науч.-практ. интернет-конф. ИнформАгро-2019). – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – С. 191–198.
- 30 Киреев И.М., Коваль З.М. Моделирование рабочего процесса высевающего аппарата для рациональных технологий применения сеялок точного высева // «Информационные технологии, системы и приборы в АПК»: Материалы 7-й Международной научно-практической конференции «АГРО-ИНФО–2018»; Сибирский физико-технический институт аграрных проблем, – Новосибирская обл., р.п. Краснообск. Академиздат, 2018. – С. 358–363.
- 31 ГОСТ 31345–2017 Техника сельскохозяйственная. Сеялки тракторные. Методы испытаний. – М.: Межгосударственный стандарт: Изд-во стандартов, 2008. – 57 с.

32 Киреев И.М., Коваль З.М. Сравнительные распределения проростков растений кукурузы в рядке, семян и сфер их имитаторов в рядок высевающим аппаратом. / И.М. Киреев, З.М. Коваль // Материалы докл. представл. на 10-ю Международной науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов и опубли. в журнале «Инновации в сельском хозяйстве». –М.: ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. – № 4 (33). – 2019. – С. 3–12.

33 Киреев И.М., Коваль З.М., Зимин Ф.А. Новые метод и средства контроля качества работы пневматических высевающих аппаратов точного высева семян / Техника и оборудование для села. / И.М. Киреев, З.М. Коваль, Зимин Ф.А. // – М. – ISSN 2072–9642. – 2020. – №. 1 – С. 24–27. DOI:10.33267/2072-9642-2020-1-24-27

34 ГОСТ 13646–68 Термометры стеклянные ртутные для точных измерений. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1970. – 10 с.

35 ГОСТ 427–75 Линейки измерительные металлические. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 5 с.

36 ГОСТ 166–89 Штангенциркули. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 10 с.

37 ГОСТ 7502–98 Рулетки измерительные металлические. Технические условия. – Минск.: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации, М.: Изд-во стандартов, сор., 2002. – 11 с.

38 ГОСТ 10374–93 (МЭК 51-7–84) Приборы аналоговые показывающие электроизмерительные прямого действия и вспомогательные части к ним. Часть 7. Особые требования к многофункциональным приборам. – М.: Изд-во стандартов, 1996. – 10 с.

39 ГОСТ 21339–82 Тахометры. Общие технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 24 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ

Средства измерений, применяемые при испытаниях, приведены в таблице А.1

Таблица А.1 – Средства измерений, применяемые при испытаниях

Наименование измеряемой характеристики, параметра	Наименование, марка испытательного оборудования, прибора, его номер, стандарт	Дата аттестации, поверка испытательного оборудования, прибора
Температура воздуха	Термометр № 266 ГОСТ 13646 [34]	До 16.12.2020
Влажность воздуха	Психрометр МВ-4М № 2729 ТУ 25-1607054-85	До 07.10.2021
Геометрические измерения	Линейка металлическая МЦ 0000000826 L=1 м ГОСТ 427-75 [35]	До 08.07.2021
	Штангенциркуль ЩЦ- III №865162 ГОСТ 116-89 [36]	До 07.06.2021
Время	Секундомер СОС пр. 26, № 7702, ТУ 1819.021-90	До 21.05.2021
Масса	Весы платформенные ВТ-4014500Ш №34989 (20-500 кг)	До 22.06.2021
Размерные параметры	Рулетка РЗ-10 (FIT) №17410ГОСТ 7502 [37]	До 08.07.2021
Потребляемый ток	Комбинированный прибор Ц 4340, № 32847, ГОСТ 10374-74 [38]	До 22.11.2021
Частота вращения	Тахометр ТЧ 10 – Р ГОСТ 21339-82 [39]	До 18.06.2021

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСЕВАЮЩИХ АППАРАТОВ СЕЯЛОК ТОЧНОГО ВЫСЕВА С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗРАБОТАННОГО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Б.1 Область применения

Настоящая методика предназначена для определения характеристик высевающих аппаратов (ВА) сеялок точного высева с применением разработанного специализированного оборудования с пневматическим средством и датчиком числа семян, включающим электроакустический прибор (микрофон).

Методика исследований заключается в определении условий и качества оценки числа семян и промежутков времени между ними при однозерновом высеве высевающим аппаратом.

Б.2 Средства, применяемые при измерении показателей

Б.2.1 Средства контроля:

- специализированное оборудование с пневматическим средством и датчиком числа семян, включающим электроакустический прибор (микрофон);

- тягомеры мембранные показывающие Тм МП–100–М1 для контроля вакуума перед диском высевающего аппарата и перепада давления в пневматическом устройстве 2 шт.

- преобразователь напряжения для регулирования оборотов электродвигателя 220 В с редуктором для вращения высевающего диска высевающего аппарата.

Б.2.2 Вспомогательные средства:

- сферы-имитаторы семян;

- семенной материал, используемый для агротехнической оценки машин, должен соответствовать посевным кондициям не ниже второго класса и не должен быть обработан пестицидами;

- персональный компьютер (ПК/ноутбук) с программным обеспечением для записи аудио, способным сохранять полученные данные в формате *.WAV. Например, бесплатная программа «Audacity» и программа для анализа полученных данных «PTC Mathcad Prime»;

- ВА со средствами обеспечения режимов его работы.

Б.3 Условия проведения лабораторных исследований определения характеристик высевающих аппаратов сеялок точного высева с применением разработанного специализированного оборудования ИУ-96

Б.3.1 Исследования определения параметров высевающих аппаратов сеялок точного высева с применением разработанного специализированного оборудования ИУ-96 проводить в соответствии с ГОСТ 31345 [31].

Б.3.2 Высевающий аппарат установить на специализированное оборудование ИУ-96 с помощью крепежных элементов, произвести подключение необходимых систем и приборов учета для эмуляции* его работы в составе сеялки и определения характеристик. Для этого:

- аудиодатчик числа высева семян, установить в специализированном оборудовании ИУ-96, соединить с помощью кабеля mini-jack, 3.5 мм с ПК/ноутбуком, имеющим программное обеспечение «Audacity» и «PTC Mathcad Prime»;

- настроить высевающий аппарат на работу с необходимой культурой и нормой высева, путем установки правильного высевающего диска, настройки отсекателя семян и т. д. (см. инструкцию по настройке для конкретного высевающего аппарата);

* Эмуляция – это совокупность логических и технических средств и ресурсов, направленных на полную имитацию технического устройства выбранной пользователем системы для максимально точного воспроизведения всех процессов, происходящих внутри эмулируемой системы.

- включить ПК/ноутбук;
- включить в электрическом щите управления специализированного оборудования (рисунок Б.1) кнопку «Пуск»1, рукояткой регулировки 2 выставить нужные обороты высевающего диска, соответствующие расчетной скорости и норме высева путем регулирования напряжения (в соответствии с калиброванными табличными или графическими данными) (таблица 2, рисунок 18 настоящего отчета).

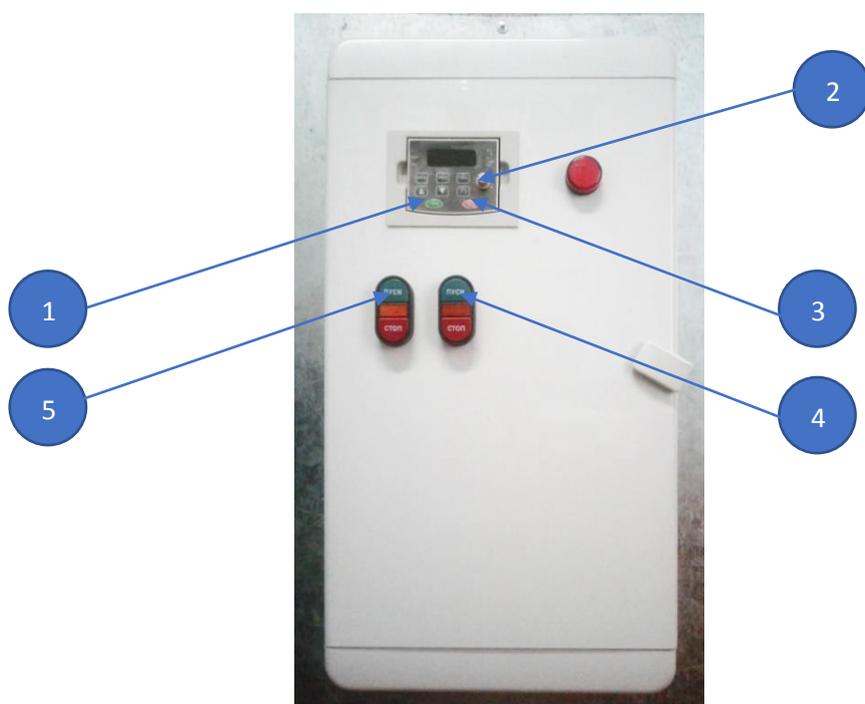


Рисунок Б.1 – Общий вид электрического щита монтажного

После настройки высевающего аппарата и всех необходимых подключений специализированное оборудование ИУ-96 готово к работе.

Б.3.3 Запустить программу «Audacity» для записи аудио от создаваемых электрических импульсов обеспечиваемых взаимодействием семян с приемной мембраной аудиодатчика. Интерфейс программы показан на рисунке Б.2.

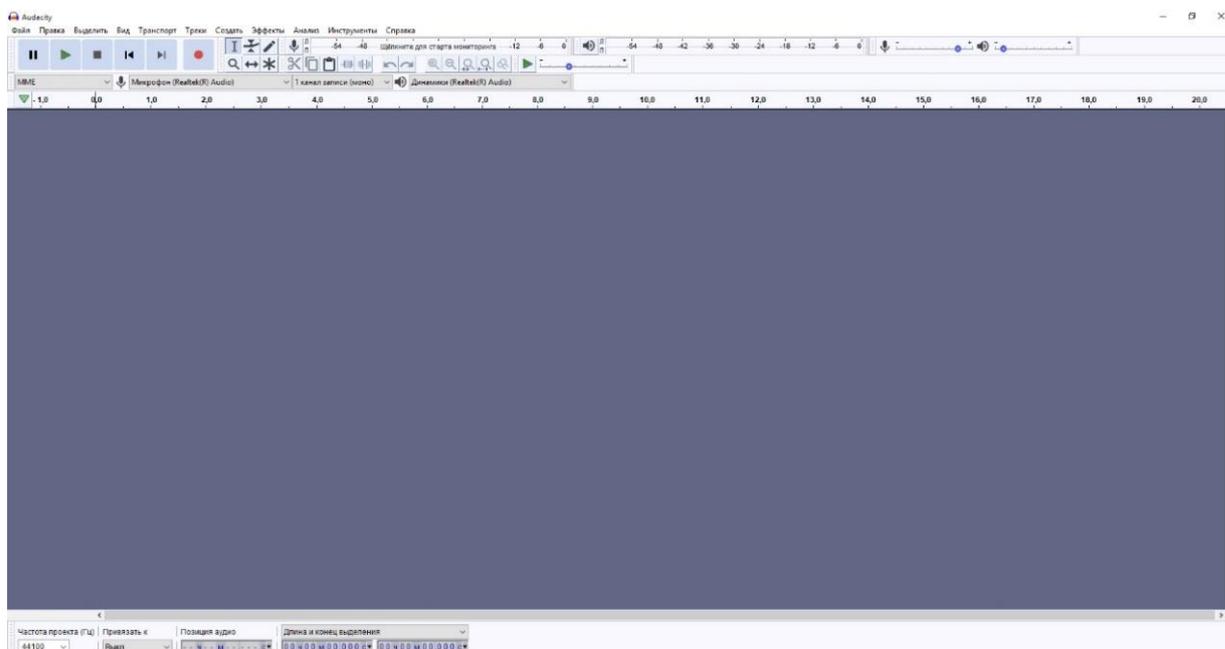


Рисунок Б.2 – Окно интерфейса программы «Audacity»

Б.3.4 Последовательно автоматическими выключателями 4, 5 (рисунок Б.1) в щите управления специализированного оборудования подать напряжение к вакуумному насосу для создания вакуума перед высевающим диском ВА и обеспечения вакуума для присасывания семян к отверстиям высевающего диска и к вакуумному насосу, для обеспечения перепада давления в пневматическом устройстве, с последующим пневмотранспортированием семян в пневматическом устройстве, для их единичного взаимодействия с датчиком контроля и осаждением в сборнике семян.

Б.3.5 Нажать кнопку записи «Записать (R)» на панели управления программой «Audacity» (рисунок Б.3) и засыпать для регистрации определенное число сфер-имитаторов семян (семенной материал) в бункер высевающего аппарата в соответствии с ГОСТ 31345 [31].

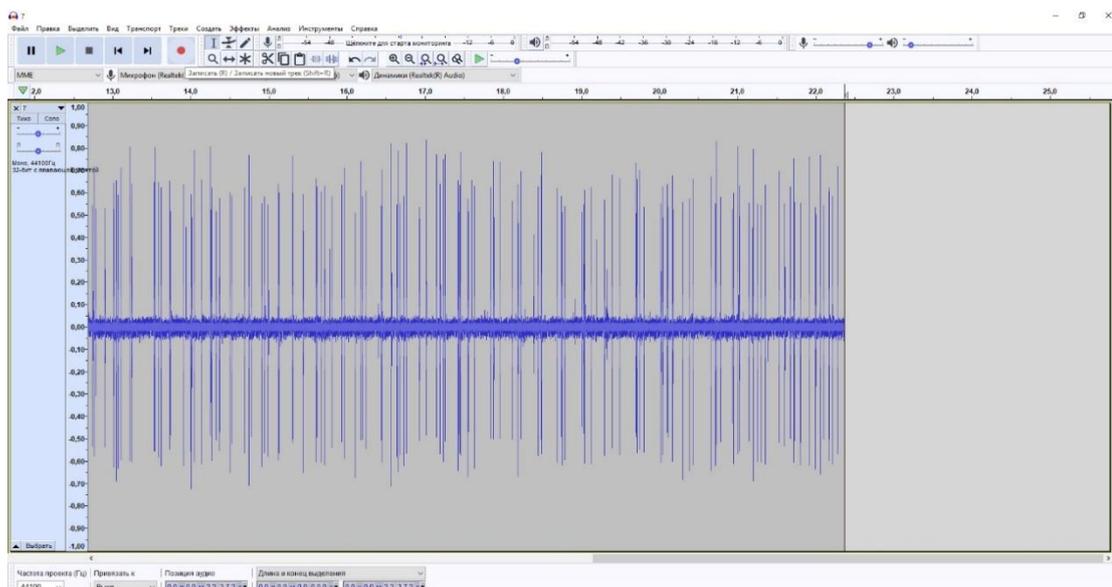


Рисунок Б.3 – Процесс записи данных регистрации падения семян

На экране монитора ПК высвечиваются колебания электрических импульсов обеспечиваемых взаимодействием семян с приемной мембраной аудиодатчика с промежутками времени, указанными в верхней части экрана.

Б.3.6 После того, как высевающий аппарат закончит высев семян, необходимо остановить запись в программе, путем нажатия на кнопку «Остановить» на панели управления и последовательно нажатием автоматических выключателей 4, 5 (рисунок Б.1) в щите управления специализированного оборудования отключить напряжение, подаваемое к вакуумному насосу для создания вакуума перед высевающим диском ВА и обеспечения вакуума для присасывания семян к отверстиям высевающего диска и к вакуумному насосу для обеспечения перепада давления в пневматическом устройстве.

Б.3.7 Нажатием кнопки 3 преобразователя напряжения (рисунок Б.1) в щите управления специализированного оборудования отключить напряжение, подаваемое к электродвигателю 220 В с редуктором.

Б.3.8 Сравнить число засыпанных в бункер ВА сфер-имитаторов семян (семенной материал), в сборнике семян и зарегистрированных программой.

Б.3.9 Для дальнейшей обработки полученные данные необходимо сохранить их в формате *.WAV: Файл – Экспорт – Экспорт в WAV, в открывшемся

окне задать имя и выбрать место, куда следует сохранить файл и нажать кнопку «Сохранить» (Рисунок Б.4).

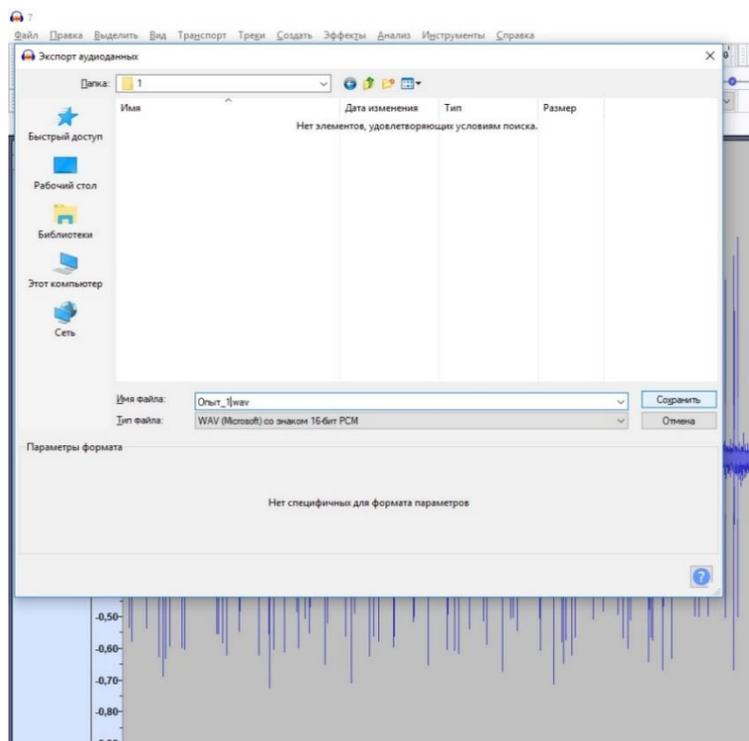


Рисунок Б.4 – Окно сохранения записанного файла в программе «Audacity»

Б.3.10 Расшифровка и определение параметров звукового сигнала акустического датчика стенда для испытания высевающих аппаратов

Последовательность действий при работе с файлом «PTC Mathcad Prime» (*.mkdx):

1) Поместить обрабатываемый получаемый при работе стенда wav-файл (*.wav) в папку, определяемую функцией CDW.

$$CWD = "C:\Users\КубНИИТиМ\Desktop\"$$

2) Задать присвоенное имя файла для переменной функций GETWAVINFO и READWAV. При этом если во вкладке меню программы «Расчет» не активирована функция «Автоматический расчет» в той же вкладке надо нажать кнопку «Рассчитать».

$$\begin{bmatrix} NumChannels \\ SampleRate \\ Resolution \\ AvgBytesPerSecond \end{bmatrix} := \text{GETWAVINFO}("3.wav")$$

$$Data := \text{READWAV}("3.wav")$$

3) Двойным нажатием по блоку ввода/вывода электронных таблиц Excel открыть файл *.xls с полученными данными и с помощью команды «Сохранить как» или «Копировать»/«Вставить» сохраняем полученные данные в удобное место (рисунок Б.5).

ВВОД	$excel_{"A1:A1000"} := NaN \quad excel_{"B1:B1000"} := NaN \quad excel_{"C1:C1000"} := NaN$						
	$excel_{"A1"} := R$						
ВЫВОД	141	7,388625	0,027				
	142	7,609083	0,220458				
	143	7,642521	0,033437				
	144	7,811083	0,168563				
	145	8,193417	0,382333				

Рисунок Б.5 – Блок вывода полученных данных при обработке звукового файла в программе «PTC Mathcad Prime»

Данные, которые мы при этом получаем: первый столбец – счетчик импульсов (полученных сигналов), второй столбец – время сигнала, третий столбец – разница между временами этого и предыдущего сигналов.

Б.3.11 Повторить опыт в трехкратной повторности в соответствии с ГОСТ 31345 [31].

Б.3.12 Статистически обработать результаты опытов и построить график числа интервалов между двумя следующими один за другим семенами в ряду от расчетных расстояний между двумя следующими один за другим семенами в ряду (рисунок Б.6).

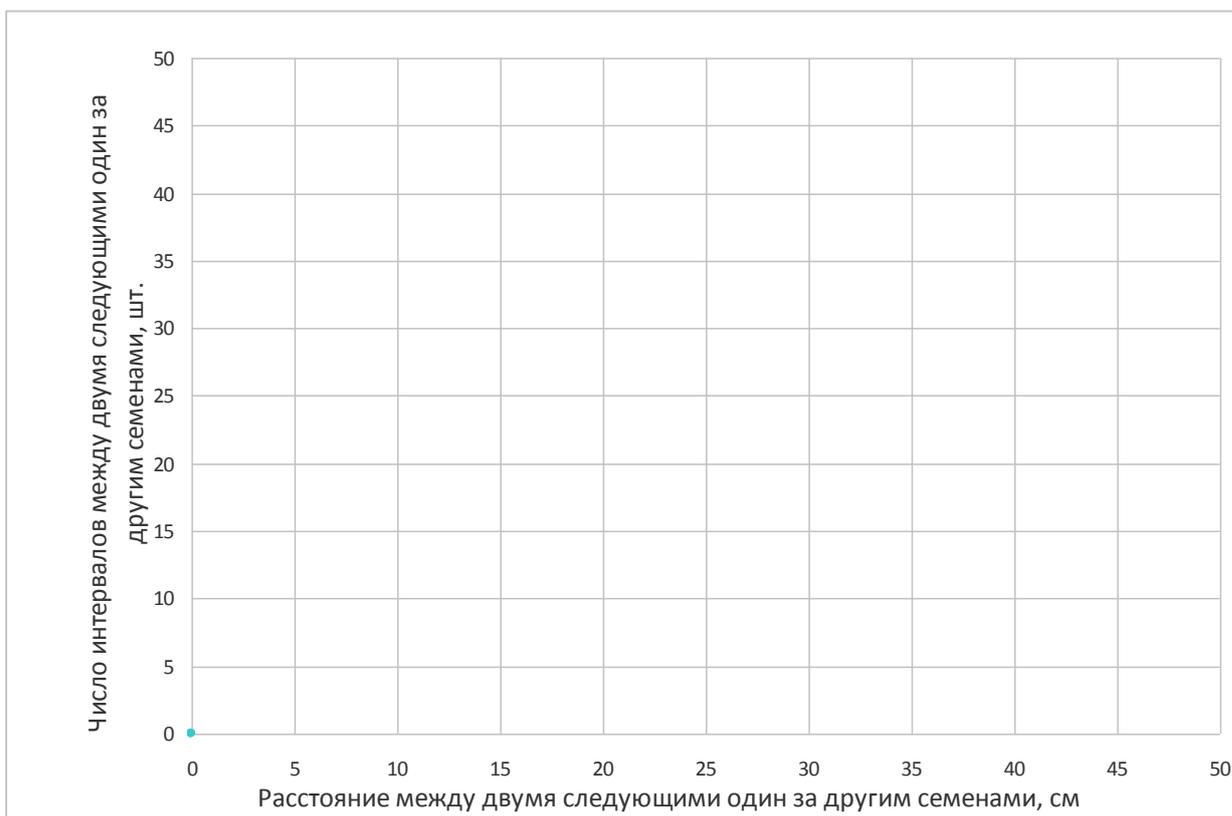


Рисунок Б.6 – Шаблон для построения графика зависимости числа интервалов от расстояний между двумя, следующими один за другим, семенами в ряду

Б.3.13 По окончании проведения лабораторных опытов отключить электропитание, подаваемое к электрическому щиту монтажному специализированного оборудования.