

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

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

УДК 631.331.001.41(047.91)
Рег. № НИОКТР 121071300044-1

УТВЕРЖДАЮ

Врио директора
ФГБНУ «Росинформагротех»,
канд. юрид. наук


П.А. Подъяблонский
« 14 » / « 12 » 2021 г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Исследование влияния режимов работы высевающего аппарата
на качество распределения семян пропашных культур с разными
размерно-массовыми параметрами

по теме:

2.1.13 ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ, РАЗРАБОТКА СОВРЕМЕННОГО
ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ПРОГРАММНОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ
ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ МАШИН И ИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ
(заключительный)

Директор КубНИИТиМ



М.И. Потапкин

Руководитель НИР,
зав. лабораторией разработки
испытательного оборудования,
ведущий науч. сотр., д-р техн. наук

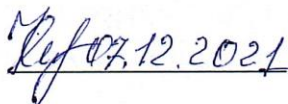


И.М. Киреев

Новокубанск 2021

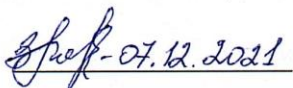
СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель НИР,
зав. лабораторией разработки
испытательного оборудования,
вед. науч. сотр., д-р техн. наук


Ref-07.12.2021

И.М. Киреев
(реферат, введение,
разделы 1, 3, 4, заключение)

Ответственный исполнитель,
гл. науч. сотр.,
канд. техн. наук


Ref-07.12.2021

З.М. Коваль
(реферат, введение,
разделы 1, 2, 3, 4, заключение,
приложение А)

Исполнители:

И.о. ученого секретаря,
ведущий инженер


Ref-07.12.2021

В.О. Марченко
(раздел 4)

Инженер


Ref-07.12.2021

Ф.А. Зимин
(разделы 2, 4)

Инженер


Ref-07.12.2021

В.Н. Слесарев
(разделы 2, 4)

Нормоконтроль


Ref-07.12.2021

В.О. Марченко

РЕФЕРАТ

Отчет 80 с., 39 рис., 25 табл., 55 источн., 1 прил.

ТЕХНОЛОГИЯ, ВЫСЕВ, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, ПАРАМЕТРЫ, РЯДОК, ВЫСЕВАЮЩИЙ АППАРАТ, ДАТЧИК, РЕГИСТРАЦИЯ, СЕМЕНА, ТЕХНИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО, ПРОПАШНАЯ КУЛЬТУРА

Объект исследования – процесс распределения семян пропашных культур в рядок с разными размерно-массовыми параметрами моделируемыми режимами работы высевающего аппарата для агротехнических норм высева.

Цель работы – исследование влияния режимов работы высевающего аппарата на качество распределения семян пропашных культур с разными размерно-массовыми параметрами.

Метод проведения работ – экспериментально-теоретические исследования распределения семян пропашных культур в рядок с разными массовыми параметрами в количестве 1000 шт. режимами работы высевающего аппарата.

В ходе выполнения НИР проведены исследования в области распределения семян пропашных культур в рядок с разными массовыми параметрами в количестве 1000 шт. с применением стенда для определения параметров высевающих аппаратов сеялок точного высева. Разработана методика и проведены лабораторные исследования по распределению семян пропашных культур с разными массовыми параметрами.

Новизна исследований – совершенствование технологии качественного распределения семян пропашных культур режимами работы высевающего аппарата, обеспечиваемыми специализированным оборудованием. Получен патент на полезную модель № 2020125139 и подана заявка на полезную модель № 2021128213, находящаяся на рассмотрении.

Область применения – исследователи и сельхозпроизводители семян, занимающиеся производством и выращиванием пропашных культур, а также специалисты селекционных центров АПК.

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ	6
ВВЕДЕНИЕ	7
1 Выбор направления исследований	9
2 Программа и методика экспериментальных исследований.....	16
2.1 Цель и задачи экспериментальных исследований.....	16
2.2 Методика экспериментальных исследований по влиянию технологических режимов работы высевающего аппарата на качество распределения семян пропашных культур с разными размерно-массовыми параметрами	16
3 Теоретические исследования	24
3.1 Обеспечение частоты вращения высевающего диска.....	24
3.2 Расчет расхода воздуха для удержания семян на отверстиях высевающего диска.....	27
3.3 Расчет расхода воздуха через направляющую трубку для транспортирования семян в пневмоустройстве	28
3.4 Распределение семян в рядке.....	30
4 Экспериментальные исследования по влиянию технологических режимов работы высевающего аппарата на качество распределения семян пропашных культур с разными размерно-массовыми параметрами	32
4.1 Предварительные лабораторные исследования по влиянию технологических режимов работы высевающего аппарата на качество распределения семян кукурузы на зерно и подсолнечника	32
4.2 Лабораторные исследования по влиянию технологических режимов работы высевающего аппарата на качество распределения семян пропашных культур с разными размерно-массовыми параметрами	44

4.2.1 Лабораторные исследования по влиянию технологических режимов работы высевающего аппарата на качество распределения семян гибридов зубовидной кукурузы (первая и вторая фракции)	44
4.2.2 Лабораторные исследования по влиянию технологических режимов работы высевающего аппарата на качество распределения дражированных семян гибридов сахарной свеклы	64
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	71
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	74
ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) Средства измерений, применяемые при испытаниях.....	80

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

Основным показателем качества работы сеялок точного высева в технологическом процессе, является равномерность высева семян высевающим аппаратом, которая конкретизируется определенными требованиями к распределению семян. Для пунктирного высева таким требованием является распределение интервалов между семенами, как одного из важных критериев выполняемого технологического процесса посева семян пропашных культур. На распределение семян в рядок также оказывает влияние качество их калибровки на сепараторах по фракциям и взвешивание 1000 шт. таких семян. Однако, неправильная их форма и различная масса являются причинами отклонения от заданной нормы высева. При посеве семян на их распределение в рядок влияет также и скорость движения сеялки. Получение сравнительных показателей по распределению в рядок различных фракций семян режимами работы высевающего аппарата точного высева весьма трудоемко. Калибровка семян только по удельному их весу на сепараторах не обеспечивает получение информационных сведений об отличительных особенностях при точном распределении в рядок с интенсивностью высеваемого потока семян более 50 шт./с.

Для получения информационных сведений об отличительных особенностях при точном распределении в рядок высевающим аппаратом различных фракций семян по результатам НИР в 2020 г. разработан метод и средство единичной регистрации семян и промежутков между ними для скоростных сеялок точного высева.

Представленные в настоящем отчете о НИР положительные результаты теоретических и лабораторных исследований влияния режимов работы высевающего аппарата на качество распределения семян пропашных культур с разными размерно-массовыми параметрами нашли отражение в публикациях, в журналах рекомендованных ВАК: «Техника и оборудование для села» [1] и «Тракторы и сельхозмашины» [2], а также в региональном журнале «Агро-

Форум» [3], [4]. О результатах НИР доложено на Международной научно-практической конференции «От импортозамещения к экспортному потенциалу: научно-инновационное обеспечение АПК» 25-26 февраля 2021 г. (Уральский ГАУ, Екатеринбург) [5], XIII Международной научно-практической интернет-конференции «ИнформАгро-2021» (ФГБНУ «Росинформротех») [6] и 8-й Международной научно-практической конференции «Информационные технологии, системы и приборы в АПК» «Агроинфо 2021» (Новосибирск, р.п. Краснообск) [7]. На разработанное техническое средство получен патент на полезную модель № 2020125139 [8] и подана заявка на полезную модель № 2021128213, находящаяся на рассмотрении. Это свидетельствует о том, что результаты являются новыми и служат основой для исследований рациональной технологии при применении разработанного технического средства.

Цель НИР – исследование влияния режимов работы высевающего аппарата на качество распределения семян пропашных культур с разными размерно-массовыми параметрами.

Полученные в ходе выполнения НИР научные результаты свидетельствуют о необходимости получения информационных сведений о качественном распределении различных фракций по массовым параметрам 1000 шт. семян режимами работы высевающего аппарата, обеспечиваемые специализированным оборудованием.

В выполнении исследований принял участие доцент кафедры процессов и машин в агробизнесе ФГБОУ ВО «Ставропольский ГАУ», к.т.н. Данилов М.В.

1 Выбор направления исследований

Одним из важных направлений Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации [9], является переход к высокопродуктивному и экологически чистому агрохозяйству, который на сегодняшний день невозможно осуществить без системы точного земледелия, качественных всходов, получения высокой урожайности и высококачественной сельскохозяйственной продукции. В системах точного земледелия повышаются требования к соблюдению заданной нормы высева семян, как одного из условий программируемого урожая. Особое значение при этом уделяется равномерному распределению семян по площади (в рядок) в технологии при производстве пропашных культур. Совершенствование технических средств возделывания сельскохозяйственных культур сдерживается ограниченными возможностями применяемых методов и средств контроля и обеспечения агротехнических показателей технологических режимов работы высевающих аппаратов. Так, например, полная оценка агротехнических показателей распределения семян в рядок, являющихся исходными для расчета их распределения в рядке, даже в лабораторных условиях была затруднена в 44,5 % случаев [10]. Информационные сведения о качестве распределения размерномассовых параметров семян пропашных культур [11] в рядок моделируемыми режимами работы высевающего аппарата для агротехнических норм высева и условных скоростей их передвижения в составе сеялок с прогнозируемой оценкой урожайности весьма ограничены. Такие ограничения обусловлены недостаточным исследованием средств и их параметров, влияющих на качество распределения семян пропашных культур режимами работы высевающего аппарата при интенсивном высеве от 12 и более штук за одну секунду на погонном метре. Особо важным при этом, является необходимость соблюдения параметров средствами обеспечения и контроля процесса единичной регистрации семян датчиком с последующей программной обработкой опытных данных на основе применения закона больших чисел для получения достоверных информационных сведений, позволяющих делать прогноз

об урожайности пропашных культур.

За счет неравномерности размещения растений, снижается урожай корнеплодов на 10-18 %. Л.С. Зенин и др. [12]-[14] на основании данных ВНИИСС и ВСХИ отмечают, что при увеличении коэффициента вариации между растениями на 1 %, урожайность корнеплодов уменьшается в среднем на 0,15-0,4 % в зависимости от конкретных условий. Можно утверждать, что максимум урожайности находится в зоне 6 растений на 1 м рядка. Но эта величина выражена слабо, т.к. при изменении густоты насаждения от 5 до 8 растений на метре рядка разница в урожае не превышает 1 %. А вот влияние коэффициента вариации может привести к недобору 15-18 % урожая.

При хаотичном распределении оптимального числа растений на 1 га свекла теряет от 25 % до 27 % своей урожайности, кукуруза теряет от 19 % до 20 %, подсолнечник – от 22 % до 24 %, что подтверждает научную гипотезу о важности рационального размещения каждого растения на своей площади питания. При этом стремятся создать необходимые и достаточные условия для формирования оптимальной густоты растений и получения запрограммированного урожая. Прогрессивные способы посева способствуют повышению урожая и улучшают качество семян. Установлено, что однозерновой посев технических культур обеспечивает повышение урожайности, значительную экономию семян и снижение трудовых затрат на уход за растениями [15]-[17]. 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.

Точный посев семян с однозерновым распределением получает широкое распространение при возделывании пропашных культур (сахарной свеклы, кукурузы, подсолнечника, сои и др.) [18]-[24]. 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. При посеве отклонение от заданной нормы высева семян не должно превышать ± 3 %.

Известно, что одним из основных показателей качества работы сеялок точного высева является равномерность высева вдоль строки. Улучшение равномерности размещения растений свеклы вдоль строки на 1 % увеличивает урожайность на 1,2-2,5 ц/га или 0,1-0,4 %. Оптимальный интервал между растениями определяется по площади питания, обеспечивающей максимальный урожай при надлежащем его качестве. Согласно исследованиям, для одного корнеплода сахарной свеклы эта площадь составляет 900-1200 см², что при междурядьях 45 см соответствует 20-27 см. При отклонении интервала в сторону увеличения или уменьшения сахаристость корнеплодов снижается, а когда он возрастает сверх 40 см (площадь питания более 2000 см²) резко ухудшаются технологические качества корнеплодов, в частности, их сохранность. Поэтому в качестве предельно допустимых значений интервала принимается 10-30 см. При интервале менее 10 см растения вследствие взаимного угнетения и недостатка площади питания развиваются плохо, что ведет к снижению урожайности. Если же интервал более 30 см, потери урожайности более значительны, чем при интервале менее 10 см. При оценке работы современных высевающих машин отмечается, что индустриальная технология выращивания сахарной свеклы выдвигает повышенные требования к точному посеву семян. Сейчас установленные агротехнические требования при работе сеялок не выполняются. Так, скорость движения агрегата при точном высеве не превышает 5,5 км/ч вместо 7-9 км/ч, глубина заделки семян варьируется в пределах ± 1 см вместо $\pm 0,5$ см; полевая всхожесть при благоприятных условиях посева составляет 55 ± 5 % вместо 75 ± 5 %. По этой причине равномерность размещения растений практически повышается незначительно и находится на низком уровне: около 100 % вместо 50 % по требованиям (по коэффициенту вариации). Принимая во внимание, что каждый процент распределения растений по коэффициенту вариации приравнивается к 0,1-0,2 т корнеплодов, недобор продукции составляет 5-10 т/га. Одной из основных задач при этом является равномерность высева вдоль строки, как одного среди важных критериев технологического процесса [25]-[29].

На равномерность распределения семян, а как следствие на неравномерность питания растений, влияет также скорость посева. Так, например, увеличение скорости посева с 6-8 км/ч до 12-14 км/ч значительно влияет на равномерность распределения семян, а как следствие на неравномерность питания растений и формирование початков кукурузы. Результатом двукратного увеличения скорости посева семян кукурузы, является значительное снижение урожайности на 2,2 ц/га или 20 %. При повышенной скорости сеялки увеличивается и скорость вращения высевающего диска широко применяемого в практике пневматического высевающего аппарата. Увеличивается окружная скорость семян на отверстиях высевающего диска и скорость их отделения. Такие факторы учесть в технологическом процессе сеялки практически невозможно, а прогноз урожайности до посева семян имеет немаловажное значение. Такой прогноз возможно осуществить при испытании режимов работы высевающих аппаратов. Равномерность распределения семян и растений в рядах принято оценивать статистическими показателями – средним значением интервалов, средним квадратическим отклонением интервалов и коэффициентом вариации интервалов между семенами в борозде [30]. При этом обычно допускают, что это распределение симметрично относительно среднего и близко к нормальному.

Борьба за высокий урожай всегда начинается с семян. Важнейшими факторами повышения урожайности являются хорошие сорта, гибриды и качественные семена и чем лучше они будут, тем выше будет урожайность. Только при высоком качестве семян могут быть реализованы потенциальные возможности сорта, гибрида, и наоборот, самый высокопродуктивный сорт, гибрид даст низкий урожай при посеве плохими семенами.

Из показателей качества семян особое значение имеет генотип этого семени, т.е. если семена принадлежат высокопродуктивному сорту, то его потенциальные возможности позволяют выращивать очень высокий урожай, а если низко продуктивному – то даже при отличных семенах высокий урожай получить невозможно. Этот фактор влияет на продуктивность растений,

чем и обуславливается рост урожайности возделываемых культур. Все остальные свойства семени и определяющие их показатели повышают полевою всхожесть и продуктивность растений. Важное место среди них занимают урожайные свойства семени. Урожайные свойства семени формируют: технология семеноводства, агротехника, климатические и метеорологические факторы.

Хорошие семена должны в полной мере отвечать требованиям стандарта на сортовые и посевные качества – это неперемное условие, которое обеспечивается необходимой технологией производства.

От того, какие семена будут использованы при посеве будет зависеть урожайность и, как следствие, валовой сбор зерна. Все знают, что посев высококачественными семенами лучших районированных сортов и гибридов дает прибавку к урожаю 15-20 %, а иногда и более [31].

Установлено [30], [32], что величина рассеяния интервалов между растениями при точном рядовом посеве равная 35 %, не оказывает существенного влияния на урожай. Такие выводы подтверждаются результатами, полученными в исследованиях по высеву сахарной свеклы [33]. Поэтому выбор сорта семян для посева целесообразно проводить заблаговременно с оценкой равномерности посева семян вдоль строки высевающим аппаратом в лабораторных условиях на стендовом оборудовании [34].

Для устранения указанных недостатков по результатам НИР 2019 г. [35]–[37] 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 посева. Выбраны комплектующие средства, обеспечивающие режимы работы высевающего аппарата и качественные показатели распределения семян в рядок. Однако в недостаточной степени были исследованы характеристики средств для повышения точности проведения опытов и обеспечения качества распределения семян пропашных культур с разными размерно-массовыми параметрами.

Проведенными ранее исследованиями для оценки режимов работы пневматического высевающего аппарата на качество распределения семян пропашных культур в рядок определены специализированные средства.

Для обеспечения равномерного вращения высевающего диска применен электродвигатель с преобразователем напряжения, позволяющий регулятором частоты обеспечивать вращение вала двигателя с точностью до сотых долей, а через муфту и систему цепных передач со звездочками и вращение высевающего диска высевающего аппарата в составе параллелограмма высевающей секции сеялки фирмы Mater Mass. Для удержания на отверстиях высевающего диска высевающего аппарата семян конкретной культуры и их пневматического транспортирования после отделения от отверстий к датчику единичной регистрации [8] применены вакуумные насосы со средствами контроля и обеспечения соответствующего разряжения при проведении опыта [2], [38].

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

Лабораторными опытами установлена принципиальная возможность непрерывной единичной регистрации большого числа семян для решения существующей проблемы по качественному распределению семян в рядок режимами работы высевающего аппарата [39]–[43].

Для выполнения современных требований необходимо исследование влияния режимов работы высевающего аппарата на качество распределения семян пропашных культур с разными размерно-массовыми параметрами с применением стендового оборудования, т.к. не полностью решены задачи по обеспечению контроля частоты вращения высевающего диска и контроля вакуума для присасывания семян с различной массой и формой к отверстиям высевающего диска, а также вакуума для обеспечения единичного взаимодействия с датчиком числа семян. Также необходимо провести теоретические и экспериментальные исследования для выполнения задач по выбору каче-

ственных семян, обеспечивающих повышение урожайности.

Метод проведения работ – экспериментально-теоретические исследования распределения семян пропашных культур в рядок с разными массовыми параметрами в количестве 1000 шт. режимами работы высевающего аппарата.

Результаты исследований – получены распределения семян пропашных культур в рядок с разными массовыми параметрами в количестве 1000 шт. с применением стенда для определения параметров высевающих аппаратов сеялок точного высева [1]-[8]. Разработана методика и проведены лабораторные исследования по распределению семян пропашных культур с разными массовыми параметрами.

2 Программа и методика экспериментальных исследований

2.1 Цель и задачи экспериментальных исследований

Цель НИР – исследование влияния режимов работы высевающего аппарата на качество распределения семян пропашных культур с разными размерно-массовыми параметрами.

Задачи, которые необходимо решить для достижения поставленной цели:

- исследовать параметры современного испытательного оборудования для обеспечения качества распределения семян пропашных культур режимами работы высевающего аппарата;

- разработать программное обеспечение учета единичной регистрации числа семян в соответствии с законом больших чисел, классовой обработки опытных данных и их информационного представления в графической или табличной формах;

- провести лабораторные исследования по влиянию технологических режимов работы высевающего аппарата на качество распределения семян пропашных культур с разными размерно-массовыми параметрами.

2.2 Методика экспериментальных исследований по влиянию технологических режимов работы высевающего аппарата на качество распределения семян пропашных культур с разными размерно-массовыми параметрами

2.2.1 Область применения

Настоящая методика предназначена для исследований влияния технологических режимов работы высевающего аппарата на качество распределения семян пропашных культур с разными размерно-массовыми параметрами.

Методика заключается в определении условий функционирования режимов работы высевающего аппарата с обеспечением единичной регистрации семян с представлениями их распределений в рядок для визуальной оценки качественных сравнительных показателей.

2.2.2 Средства, применяемые при измерении показателей

2.2.2.1 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.

2.2.2.2 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.

2.2.2.3 Дополнительные средства измерений представлены в таблице А.1, приложения А.

2.2.3 Условия проведения лабораторных исследований определения влияния технологических режимов работы высевающих аппаратов сеялок точного высева на качество распределения семян пропашных культур с разными размерно-массовыми параметрами с применением разработанного специализированного оборудования ИУ-96

2.2.3.1 Исследования определения влияния технологических режимов работы высевающих аппаратов сеялок точного высева на качество распреде-

ления семян пропашных культур с разными размерно-массовыми параметрами с применением разработанного специализированного оборудования ИУ-96 необходимо проводить в соответствии с ГОСТ 31345 [44].

2.2.3.2 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);

- включить ПК/ноутбук;

- включить в электрическом щите управления специализированного оборудования (рисунок 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).

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

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

* 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.

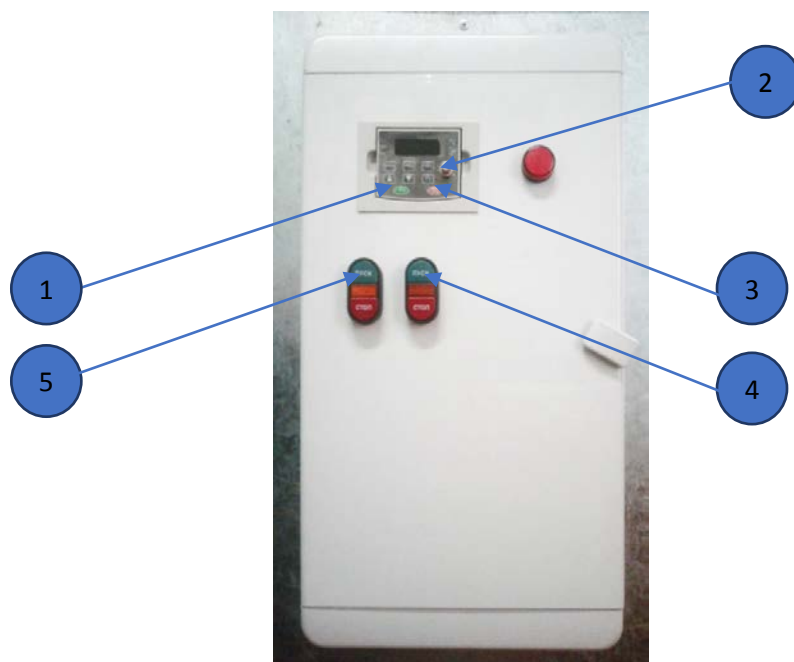


Рисунок 1 – Общий вид электрического щита монтажного



Рисунок 2 – Панель инструментов программы «Audacity»

2.2.3.4 Последовательно автоматическими выключателями 4, 5 (рисунок 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.

2.2.3.5 Нажать кнопку записи «Записать (R)» на панели управления программой «Audacity» (рисунок 3) и засыпать для регистрации предварительно взвешенное на электронных весах определенное число сферимитаторов семян (нетравленный калиброванный семенной материал 1000 шт. [46], в бункер высевающего аппарата в соответствии с ГОСТ 31345 [44].

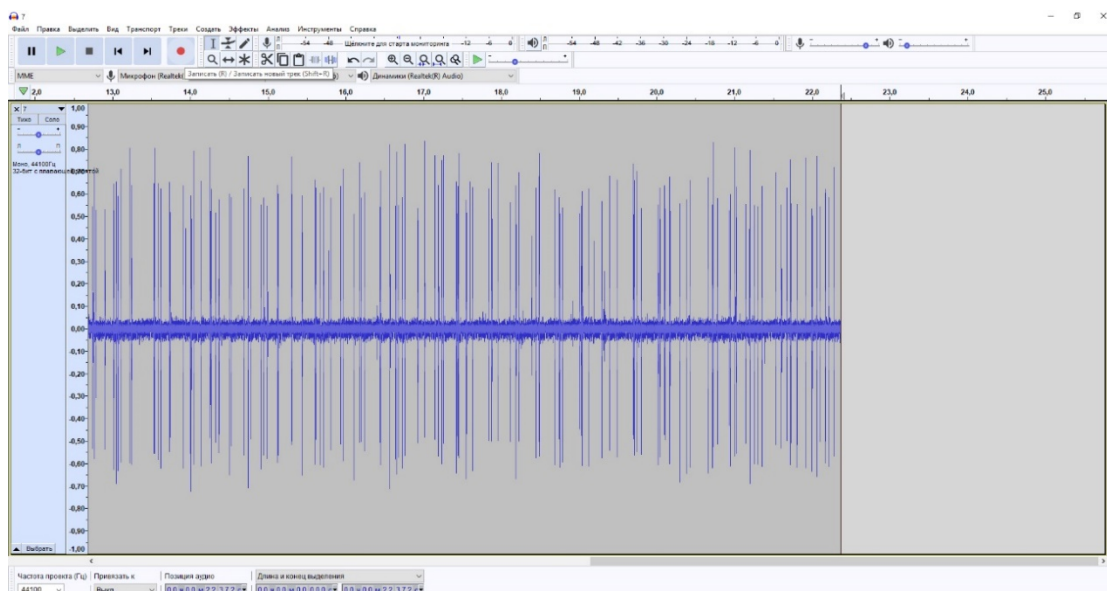


Рисунок 3 – Процесс записи данных регистрации падения семян

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

2.2.3.6 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 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.

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

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

2.2.3.9 Для дальнейшей обработки полученные данные необходимо сохранить 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 4).

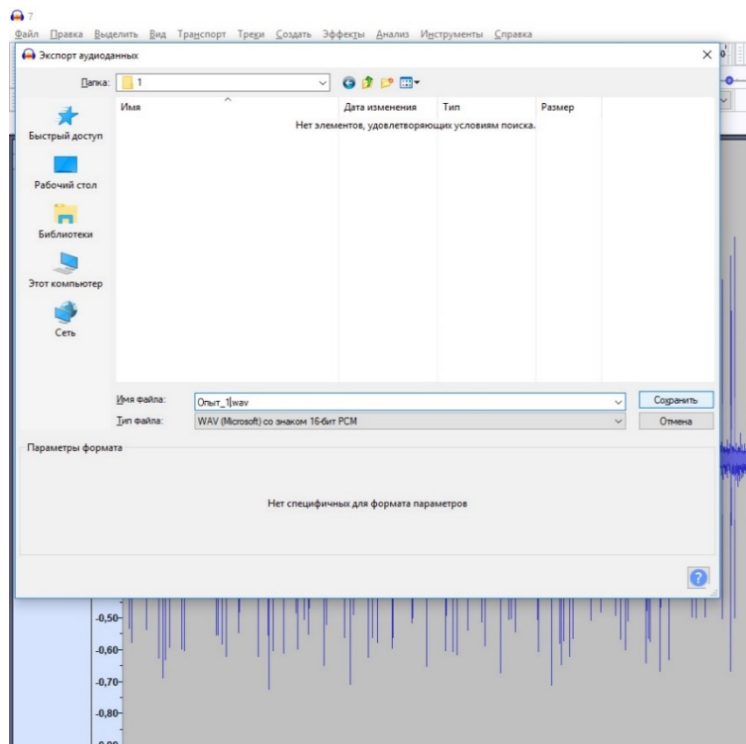


Рисунок 4 – Окно сохранения записанного файла в программе «Audacity»

2.2.3.10 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 переменных 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».

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

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

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 5).

Ввод

$excel_{A1:A1000} := NaN$ $excel_{B1:B1000} := NaN$ $excel_{C1:C1000} := NaN$

$excel_{A1} := R$

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					

Вывод

Рисунок 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.

2.2.3.11 Повторить опыт в трехкратной повторности в соответствии с ГОСТ 31345 [44].

2.2.3.12 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).

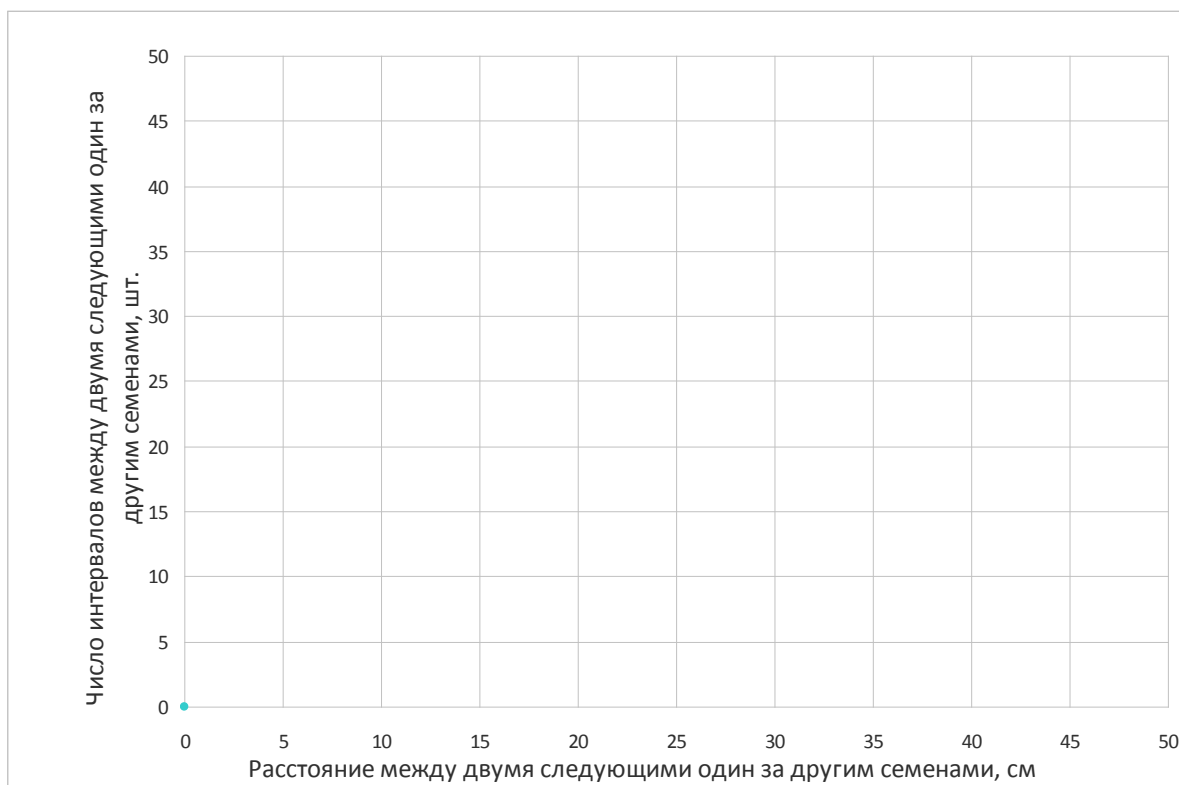


Рисунок 6 – Шаблон для построения графика зависимости числа интервалов от расстояний между двумя, следующими один за другим, семенами в ряду

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

2.2.3.14 Для расчета статистических данных использовать разработанную специалистами КубНИИТиМ программу «Элементарный анализ данных».

3 Теоретические исследования

3.1 Обеспечение частоты вращения высевающего диска

Распределение семян пропашных культур в рядок высевающим аппаратом точного высева с требуемой нормой их высева $N_{\text{выс.сем.}}$, шт./ м пог., для различных скоростей движения сеялки $V_{\text{сеялки}}$, км/ч, обеспечивается соблюдением интервала времени t_1 , с, между высевом семян ячейками, определяемого по формуле [44]

$$t_1 = \frac{3,6}{V_{\text{сеялки}} \cdot N_{\text{выс.сем.}}} \quad (3.1)$$

Частота вращения высевающего диска f , с^{-1} , определяется формулой

$$f = \frac{1}{t_1 z}, \quad (3.2)$$

где z – число ячеек на высевающем диске.

Частота вращения высевающего диска обеспечивается оборотами трехфазного асинхронного электродвигателя с редуктором, работающим от преобразователя напряжения. От вала редуктора со звездочкой через цепные передачи обеспечивается вращение звездочки, установленной на оси высевающего диска высевающего аппарата. При максимальных оборотах электродвигателя 1400 об./мин происходит вращение вала редуктора – 187 об./мин с передаточным числом 7,5 (рисунок 7).



Рисунок 7 – Общий вид редуктора с обозначением параметра передаточного числа

Между звездочками на валу редуктора и на высевающем диске передаточное число равно 3,3. Отверстия на высевающем диске для удержания семян вакуумом выполнены по его диаметру на расстоянии 20,1 см. Для семян кукурузы, подсолнечника на высевающем диске по образующей выполнено 24 отверстия, а для дражированной свеклы на высевающем диске по образующей выполнено 18 отверстий. Скорость движения сеялки с нормой высева семян в зависимости от частоты вращения высевающего диска приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Скорость движения сеялки с нормой высева семян в зависимости от частоты вращения высевающего диска

Частота, Гц	Частота вращения высевающего диска f , мин ⁻¹	Скорость движения сеялки, км/ч при норме высева, шт./м пог.		
		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
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

Окончание таблицы 1

Частота, Гц	Частота вращения высевающего диска f , мин ⁻¹	Скорость движения сеялки, км/ч при норме высева, шт./м пог.		
		3	4	5
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 высевающего диска от заданной частоты преобразователя напряжения для высева семян кукурузы (подсолнечника) приведен на рисунке 8.

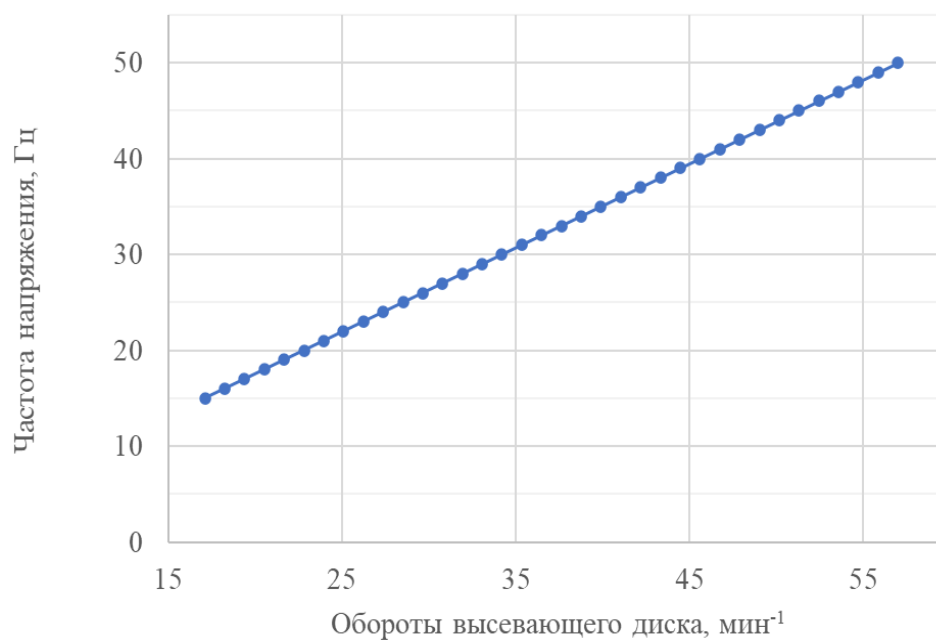


Рисунок 8 – График зависимости частоты вращения высевающего диска от заданной частоты преобразователя напряжения

Частота преобразователя напряжения, частота вращения высевающего диска, скорость движения сеялки и норма высева дражированных семян сахарной свеклы приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Зависимость скорости движения сеялки при норме высева 6 шт./м пог. от частоты вращения высевающего диска, обеспечиваемого преобразователем частоты напряжения

Частота преобразователя напряжения, Гц	Частота вращения высевающего диска, мин ⁻¹	Скорость движения сеялки, км/ч
39	44	8
44	50	9
49	56	10

График зависимости оборотов высевающего диска от заданной частоты преобразователя напряжения для высева дражированных семян сахарной свеклы приведен на рисунке 9.

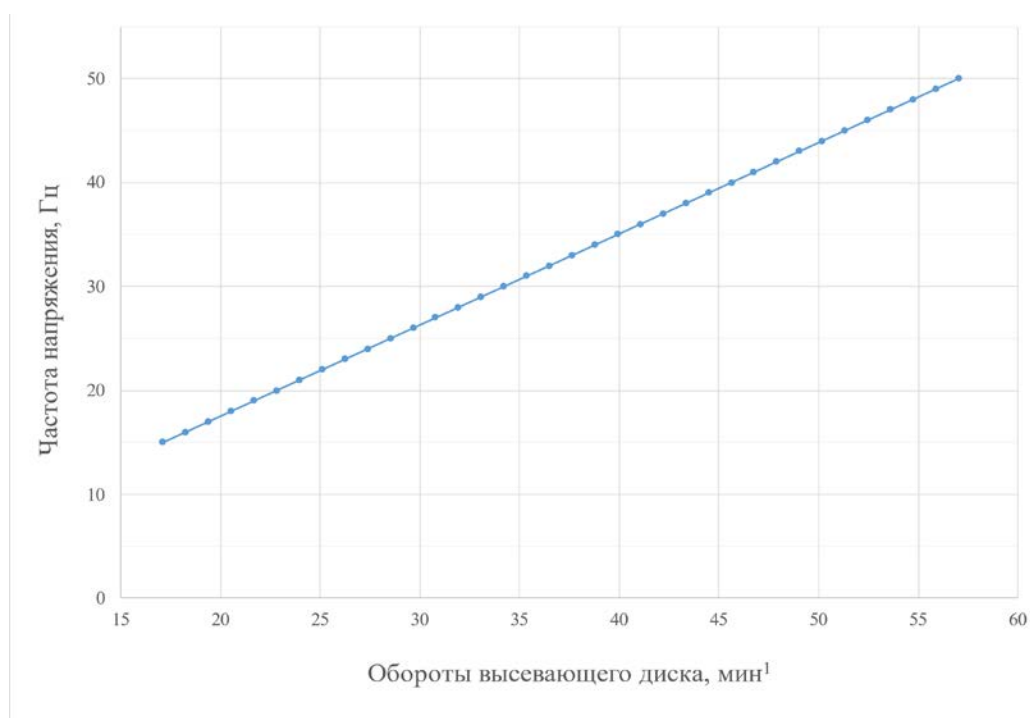


Рисунок 9 – График зависимости частоты вращения высевающего диска от заданной частоты преобразователя напряжения для высева дражированных семян сахарной свеклы

3.2 Расчет расхода воздуха для удержания семян на отверстиях высевающего диска

Масса семени m , г, в расчетах расхода воздуха для удержания семени на отверстиях высевающего диска принимается в соответствии с данными, приведенными в таблице 3.

Таблица 3 – Физико-механические свойства семян

№	Наименование культуры	Размеры семян, мм			Масса 1000 шт., г	Коэффициент трения о сталь
		длина	ширина	толщина		
1	кукуруза	14,0	5,5	3,2	360	0,36
2	подсолнечник	12,0	6,2	4,1	74,5	0,35
3	сахарная свекла	5,0	4,5	2,0	15,8	0,49
4	соя	8,0	6,5	6,3	16,0	0,32
5	клещевина	11,5	7,7	5,2	300,0	0,45

При расходе воздуха через отверстие коэффициент расхода воздуха $\mu=0,8$ [45]. Коэффициент трения зерна о поверхность диска $f_{mp}=0,32$. Статическое давление ΔP , Па, необходимое для удержания семени на отверстии диска определяется по формуле

$$\Delta P = (4 m g / \mu \pi \square \square^2 f_{mp}), \quad (3.3)$$

где $\square \square$ – диаметр отверстия высевающего диска, м.

Скорость воздуха V_e м³·с⁻¹, в отверстиях высевающего диска вычисляется по формуле

$$V_e = \sqrt{2 \frac{\Delta P}{\rho}} \quad (3.4)$$

где $\rho=1,2$ кг/м³ плотность воздуха.

Площадь отверстия в высевающем диске f_0 , м², равна

$$f_0 = (\pi \square^2 / 4) \quad (3.5)$$

Расход воздуха $G_{отв.}$, м³/с, через сечение одного отверстия f_0 , м², на высевающем диске определяется по формуле [45]:

$$G_{отв.} = \mu f_0 \sqrt{2 \frac{\Delta P}{\rho}} \quad (3.6)$$

3.3 Расчет расхода воздуха через направляющую трубку для транспортирования семян в пневмоустройстве

Расход воздуха $G_{возд. тр.}$, м³·с⁻¹, через направляющую трубку пневмоустройства определяется по известному уравнению

$$G_{\text{возд.тр.}} = v_{\text{ср.возд.}} \cdot S_{\text{тр.}}, \quad (3.7)$$

где $S_{\text{тр.}} = 0,7854 D_{\text{тр.}}^2$ – площадь поперечного сечения трубки, м²;

$v_{\text{ср. возд.}}$ – средняя скорость воздуха, м·с⁻¹.

Перепад давления между начальным и конечным сечениями направляющей трубки $\Delta P_{\text{тр.}} = P_1 - P_2$, Па, определялся формулой [45]

$$\Delta P_{\text{тр.}} = \lambda \cdot \frac{l_{\text{тр.}}}{D_{\text{тр.}}} \cdot \frac{\rho_{\text{возд.}} \cdot v_{\text{ср.возд.}}^2}{2}, \quad (3.8)$$

где λ – коэффициент гидравлического трения;

$l_{\text{тр.}}$ – длина трубки, м;

$\rho_{\text{возд.}}$ – плотность воздуха, кг·м⁻³.

Коэффициент гидравлического трения λ определялся формулой Блазиуса

$$\lambda = \frac{0,3164}{\text{Re}^{0,25}} \quad (3.9)$$

В формуле (3.9) критерий Рейнольдса Re имеет вид

$$\text{Re} = \frac{v_{\text{ср.возд.}} \cdot D_{\text{тр.}}}{\nu}, \quad (3.10)$$

где ν – кинематическая вязкость воздуха, м² с.

Характеристики пневматических устройств по расходу воздуха в зависимости от режимов работы ВА по высеву семян пропашных культур приведены в таблице 4.

Приведенный расход воздуха в устройствах для оценки неравномерности распределения семян находится в пределах от 16,54 до 74,94 м³ /ч. Он обеспечивался в опытах вакуумной установкой мощностью 2500 Вт.

Для семян кукурузы и подсолнечника ширина корпуса устройства составляет 22 мм, а для семян свеклы – 15 мм. Длина рабочей части устройств для технологических режимов высева семян свеклы равна 0,25 м, а для семян кукурузы и подсолнечника – 0,32 м.

Таблица 4 – Характеристики пневматических устройств по расходу воздуха в зависимости от режимов работы ВА по высеву семян пропашных культур

Семена (культура)	Норма высева семян $N_{выс}$, шт./м пог.	Скорость сеялки $V_{сеялки}$, м·с ⁻¹	Коэффициент k	Скорость воздуха в устройстве v , м·с ⁻¹	Перепад давления на рабочем участке устройства, ΔP , Па	Расход воздуха в устройстве $G_{возд.устр.}$, м ³ /ч
Семена кукурузы	3	1,94	2,35	21,64	132,7	74,94
	5		1,39	16,64	102,1	57,63
	7		0,98	13,97	85,7	48,38
	3	2,5	1,80	18,94	116,2	65,59
	5		1,12	14,94	91,6	51,74
	7		0,83	12,86	78,9	44,54
Семена подсолнечника	3	1,94	2,35	13,53	82,9	46,86
	5		1,39	10,41	63,8	36,05
	7		0,98	8,74	53,6	30,27
	3	2,5	1,80	11,84	76,2	41,00
	5		1,12	9,34	57,3	32,35
	7		0,83	8,04	49,3	27,84
Семена свеклы	6	1,5	1,52	11,83	99,4	24,36
	8		1,11	10,65	89,5	21,93
	10		0,98	9,50	79,8	19,56
	6	1,94	1,25	10,73	90,1	22,10
	8		0,97	9,45	79,4	19,59
	10		0,70	8,03	67,4	16,54

3.4 Распределение семян в рядке

Заданный интервал $l_{зад.}$ между семенами, см [44]

$$l_{зад.} = \frac{100}{N_{выс.сем.}} \quad (3.11)$$

Фактический средний интервал \bar{l}_ϕ между семенами, см

$$\bar{l}_\phi = \frac{\sum_{i=1}^{n_s} l_{\phi_i}}{N_{\phi l}}, \quad (3.12)$$

где l_{ϕ_i} – фактическая длина i -го интервала между семенами, см;

$\sum l_{\phi_i}$ – сумма фактических длин i -х интервалов между семенами на учетной длине рядка, см;

$N_{\phi l}$ – фактическое число длин интервалов на учетной длине рядка S ;

$n_s = \frac{S}{l_{\phi i}}$ – число длин интервалов на учетной длине рядка S .

Фактическая длина i -го интервала между семенами $l_{\phi i}$, см

$$l_{\phi i} = V_{\text{сеялки}} \cdot \tau_{\phi i} \cdot 100, \quad (3.13)$$

где $V_{\text{сеялки}}$ – скорость движения сеялки, м/с;

$\tau_{\phi i}$ – фактическое время i – го интервала между пролетами семян, с.

Стандартное отклонение интервала σ_l , см

$$\sigma_l = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_s} (l_{\phi i} - \bar{l}_{\phi})^2}{n_s - 1}} \quad (3.14)$$

Коэффициент вариации интервала ν_l , %

$$\nu_l = \frac{\sigma}{\bar{l}_{\phi}} \cdot 10^2, \quad (3.15)$$

Равномерность высева ν_c оценивают коэффициентом вариации интервалов между семенами в борозде

$$\nu_c = \frac{\sigma_p}{M_p} \cdot 100\%, \quad (3.16)$$

где σ_p – среднее квадратичное отклонение интервалов между семенами, м;

M_p – математическое ожидание интервалов между семенами, м

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (M_p - X_{pi})^2}{N}}, \quad (3.17)$$

$$M_p = \frac{\sum_{i=1}^N X_{pi}}{N}, \quad (3.18)$$

где X_{pi} – текущее значение интервала между сопредельными семенами, м.

4 Экспериментальные исследования по влиянию технологических режимов работы высевающего аппарата на качество распределения семян пропашных культур с разными размерно-массовыми параметрами

4.1 Предварительные лабораторные исследования по влиянию технологических режимов работы высевающего аппарата на качество распределения семян кукурузы на зерно и подсолнечника

По разработанным программному обеспечению учета единичной регистрации числа семян в соответствии с законом больших чисел и методики классовой обработки лабораторных данных и их информационного представления в графической или табличной формах были проведены предварительные лабораторные опыты с калиброванным подсолнечником и кукурузой. Для предварительной проверки работоспособности стендового оборудования в качестве эталона использовались пластиковые сферы-имитаторы семян. В качестве объекта исследований был выбран заданный интервал между семенами при норме высева 5 шт./м погонный для условных скоростей движения сеялки от 6,2 до 12,2 км/ч.

Основными показателями качества работы сеялок точного высева, то есть исходными критериями выполняемого ими технологического процесса, является равномерность высева семян вдоль строки высевающим аппаратом, которая конкретизируется определенными требованиями к распределению семян. Для пунктирного высева таким требованием является распределение интервалов между семенами, как одного из важных критериев выполняемого технологического процесса посева семян пропашных культур. На распределение семян в рядок влияет качество их калибровки. Калибровка семян на сепараторах по фракциям и взвешивание 1000 шт. таких семян имеет важное значение, но неправильная их форма и различная масса являются причинами отклонения от заданной нормы высева. При посеве семян на их распределение в рядок влияет и скорость движения сеялки. При увеличении скорости

движения сеялки увеличивается частота вращения высевающего диска и интенсивность потока семян. Например, при скорости движения сеялки 9 км/ч, при норме высева семян кукурузы 5 шт./м пог., частоте вращения высевающего диска 12 об./мин⁻¹ с числом отверстий на высевающем диске 24 шт. интенсивность потока семян составляет 16,66 шт./с, а промежуток времени между высевом семян при этом составляет 0,06 с. Информационные сведения о распределении семян в рядок высевающим аппаратом для скоростных движений сеялки из-за сложности единичной регистрации потока семян с таким минимальным промежутком времени высева отсутствуют.

С применением в конструкции стенда специализированного оборудования (рисунок 10), важнейшим элементом которого является акустический датчик единичной регистрации семян [8], были проведены исследования моделирования скоростных режимов работы высевающего аппарата сеялки фирмы Mater Масс (мод. 3XL) по распределению семян кукурузы (НК «Термо») и подсолнечника (НК «Фламенко») в рядок.

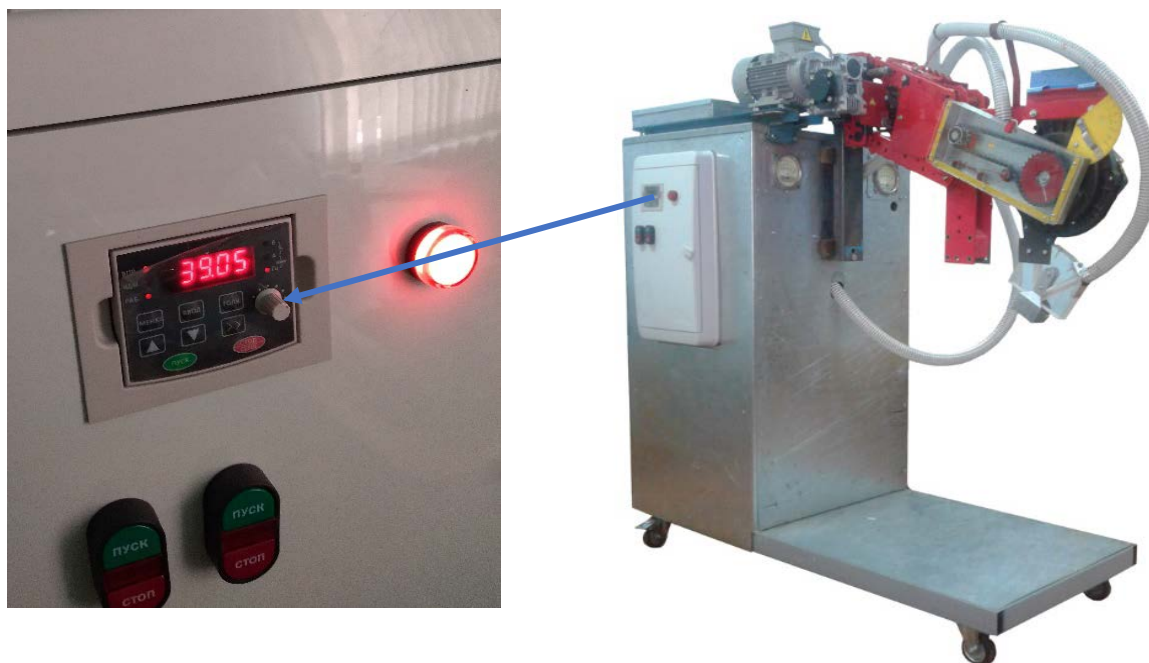


Рисунок 10 – Общий вид стендового оборудования для определения характеристик высевающих аппаратов пропашных сеялок точного высева

Контроль оборотов электродвигателя регулятором на пульте управления (рисунок 10) осуществлялся с точностью до сотых долей.

В опытах, в соответствии с принятой оценкой качества семян, определялась масса 1000 калиброванных семян кукурузы и подсолнечника (приложение А) [44, 46]. Для предварительной проверки работоспособности стендового оборудования в качестве эталона использовались пластиковые сфер-имитаторы семян. Определение массы сфер-имитаторов семян и семян кукурузы и подсолнечника их взвешиванием на электронных весах, с последующим вычетом веса стаканчиков, показано на рисунке 11.

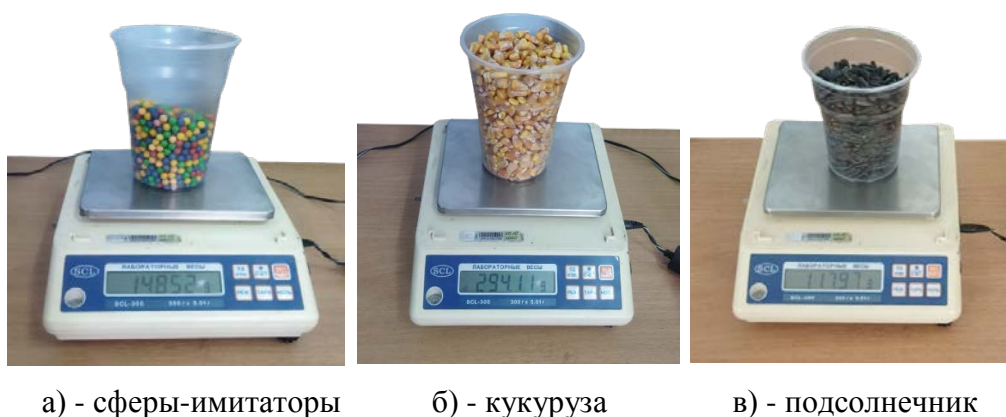


Рисунок 11 – Процесс взвешивания пластиковых сфер-имитаторов, семян кукурузы и подсолнечника

Масса 1000 семян кукурузы равнялась 314,74 г и была около нижнего калибруемого диапазона 320-340 г, рекомендуемого для посева [44], [47]. Масса 1000 семян [46] калиброванного семенного подсолнечника, обладающего высокими посевными качествами, равнялась 117,97 г.

При проведении лабораторных испытаний высевающего аппарата в составе стендового оборудования на пульте управления оборудования регулятором преобразователя напряжения электродвигателя по данным калибровочного графика задавалась частота вращения f , мин^{-1} высевающего диска, определяемая по выражению [44]

$$f = \frac{60 N_{\text{выс. сем.}} V_{\text{сеялки.}}}{N_{\text{отв. выс. диска}}}, \quad (4.1)$$

где $N_{\text{выс. сем.}}$ – норма высева семян, шт./м пог.;

$V_{\text{сеялки.}}$ – скорость движения сеялки, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$;

$N_{\text{отв. выс. диска.}}$ – количество высевающих отверстий на диске, шт.

Для высева семян кукурузы на высевающем диске выполнено 24 отверстия, находящихся на установленных расстояниях от его центра 90 мм.

Перед высевающим диском для надежного присасывания семян кукурузы к отверстиям высевающего диска для каждой частоты его вращения устанавливался соответствующий вакуум. Регулированием расхода воздушного потока в пневмосистеме обеспечивалось транспортирование семян для единичного их взаимодействия с датчиком числа семян [8]. Одновременный контроль разряжения перед высевающим диском и в пневматической системе осуществлялся с применением тягомеров, показанных на рисунке 12.

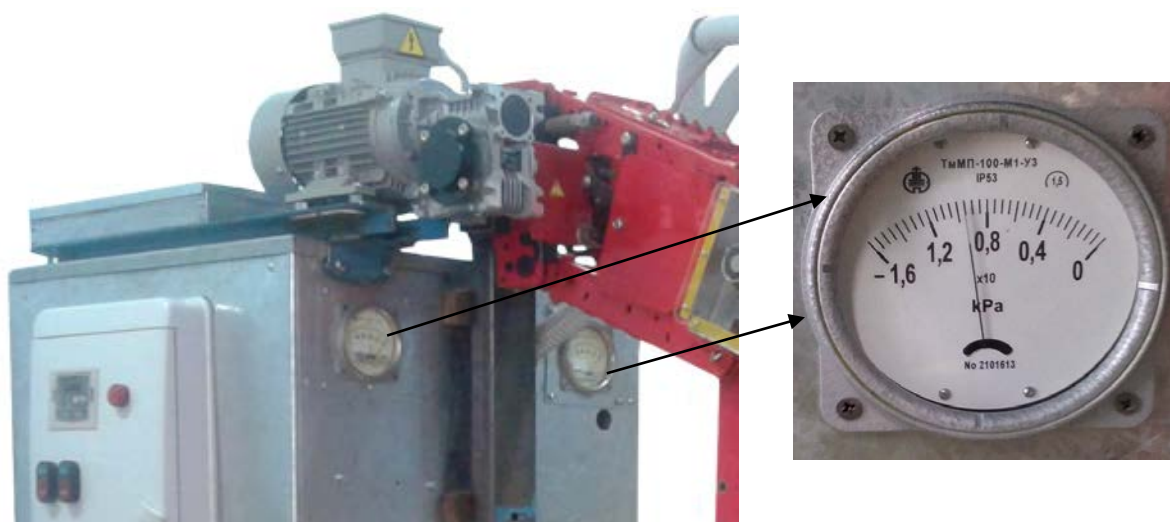


Рисунок 12 – Контроль разряжения перед высевающим диском и в пневматической системе

Далее включался компьютер с программным обеспечением для регистрации принимаемых электрических импульсов от датчика числа семян при их единичном взаимодействии с ним и последующей обработке опытных данных. При установившемся режиме функционирования ВА в бункер засыпалось 1000 семян, число которых, осаждалось в ходе проведения опыта в инерционном сборнике и затем подсчитывалось. Опыт повторялся в трехкратной повторности.

Рассчитанные значения расхода воздуха для транспортирования семян подсолнечника в направляющей трубке в зависимости от перепада давления между начальным и конечным ее сечениями приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Рассчитанные значения расхода воздуха для транспортирования семян подсолнечника в направляющей трубке в зависимости от перепада давления между начальным и конечным ее сечениями

Наименование показателя	Значение показателя					
Культура	подсолнечник					
Длина направляющей трубки, $l_{тр.}$, м	0,1		0,15			
Диаметр направляющей трубки, $D_{тр.устр.}$, м	0,022					
Площадь поперечного сечения трубки, $S_{тр.}$, м ²	$3,8 \cdot 10^{-4}$					
Скорость витания, $V_{вит.}$, м·с ⁻¹	7,8					
Скорость движения посевного агрегата, $V_{сеялки}$, км/ч	7					
Норма высева семян, шт./м пог.	3	5	7	3	5	7
Скорость движения воздуха в направляющей трубке, $v_{ср.возд.}$, м·с ⁻¹	-	>8	>15	5	13	20
Критерий Рейнольдса, Re	-	11348	21277	7092	18440	28369
Коэффициент сопротивления трубки, λ	-	0,031	0,026	0,035	0,027	0,024
Перепад давления между начальным и конечным сечениями направляющей трубки, $\Delta P_{тр.}$, Па	-	5,46	16,09	3,61	18,82	39,60
Расход воздуха в направляющей трубке, $G_{возд.тр.}$, м ³ /ч	-	10,94	20,52	6,84	17,78	27,36

Установлено, что пневмотранспортирование семян подсолнечника в направляющих трубках длиной 0,1 и 0,15 м осуществляется расходом воздуха от 6,84 до 27,36 м³/ч при перепаде давления от 3,61 до 39,60 Па.

Рассчитанные значения расхода воздуха для транспортирования семян кукурузы в направляющей трубке в зависимости от перепада давления между начальным и конечным ее сечениями приведены в таблице 6. Семена кукурузы транспортируются в направляющей трубке расходом воздуха от 5,47 до 42,41 м³/ч (таблица 6) при перепаде давления от 2,44 до 87,21 Па.

Из приведенных в таблицах 5 и 6 результатов расчета следует, что потребный расход воздуха в направляющей трубке, с увеличением нормы высева семян исследуемых культур, увеличивается.

При большей длине трубки (таблицы 5 и 6) требуется и больший расход воздуха для обеспечения единичного нахождения в ней транспортируемых семян сахарной свеклы, подсолнечника и кукурузы.

Таблица 6 – Рассчитанные значения расхода воздуха для транспортирования семян кукурузы в направляющей трубке в зависимости от перепада давления между начальным и конечным ее сечениями

Наименование показателя	Значение показателя					
Культура	кукуруза					
Длина направляющей трубки, $l_{тр.}$, м	0,1		0,15			
Диаметр направляющей трубки, $D_{тр.устр.}$, м	0,022					
Площадь поперечного сечения трубки, $S_{тр.}$, м ²	$3,8 \cdot 10^{-4}$					
Скорость витания, $V_{вит.}$, м·с ⁻¹	13,2					
Скорость движения посевного агрегата, $V_{сеялки}$, км/ч	7					
Норма высева семян, шт./м пог.	3	5	7	3	5	7
Скорость движения воздуха в направляющей трубке, $v_{ср.возд.}$, м·с ⁻¹	5	12,5	>22	4	19	31
Критерий Рейнольдса, Re	7092	17730	31206	5674	26950	43972
Коэффициент сопротивления трубки, λ	0,035	0,027	0,024	0,037	0,026	0,022
Перепад давления между начальным и конечным сечениями направляющей трубки, $\Delta P_{тр.}$, Па	2,41	11,60	31,94	2,44	38,72	87,21
Расход воздуха в направляющей трубке, $G_{возд.тр.}$, м ³ /ч	6,84	17,10	30,10	5,47	25,99	42,41

Различный потребный расход воздуха в направляющей трубке зависит от массы, размера и формы семян исследуемых культур. Например, для семян подсолнечника и кукурузы при норме высева 5 шт./м пог. расход воздуха в направляющей трубке составляет 17,78 и 25,99 м³/ч соответственно.

Указанные в таблицах 5 и 6 потребные расходы воздуха обеспечиваются соответствующим перепадом давления в направляющей трубке.

На рисунке 13 приведены сферы-имитаторы семян, семена кукурузы и подсолнечника, стабильно удерживаемые пневмоваккумом в отверстиях диска при моделировании работы ВА сеялки фирмы Mater Масс (мод. 3XL).

Теоретическим обоснованием возможности экспериментального определения вероятностных характеристик является закон больших чисел [48], [49]. В соответствии с законом больших чисел среднее арифметическое результатов наблюдений случайной величины совпадает с математическим ожиданием случайной величины. Так как среднее арифметическое результатов измерений получено в результате сложения случайных величин, то оно также является случайной величиной с дисперсией.



а) - сферы-имитаторы

б) - кукуруза

в) - подсолнечник

Рисунок 13 – Сферы-имитаторы семян, семена кукурузы и подсолнечника, удерживаемые пневмоваккумом насоса в отверстиях диска при моделировании работы высевающего аппарата сеялки фирмы Mater Масс (мод. 3XL)

В таблице 7 приведены статистические показатели опытных распределений пневматическим высевающим аппаратом пластиковых сфер-имитаторов семян, семян кукурузы и семян подсолнечника для скоростей движения сеялки от 6,2 до 12,2 км/ч.

Из приведенных данных следует, что для сфер-имитаторов семян объем выборки при всех скоростях сеялки составляет 999, а для семян кукурузы – имеет пределы от 992 до 999. Отличие незначительно и указывает на стабильный процесс присасывания к отверстиям высевающего диска как сфер-имитаторов семян, так и семян кукурузы. Объем выборки (число регистрируемых в опытах семян) находится в пределах от 99,2 до 100 % и позволяет объективно характеризовать статистические показатели.

Средние арифметические отклонения для семян кукурузы незначительно больше, чем для сфер. С изменением среднего арифметического значения форма кривой не изменяется, но изменяется ее положение относительно начала координат. Следует отметить, что с увеличением числа измерений (числа семян) разброс уменьшится [48], [49].

Таблица 7 – Статистические показатели распределения сфер-имитаторов семян, семян кукурузы и подсолнечника пневматическим высевальным аппаратом в рядок для скоростей движения сеялки

Наименование показателя	Значение показателя						
Скорость сеялки, км/ч	6,2	7,2	8,2	9,2	10,2	11,2	12,2
Пластиковые сферы имитаторы							
Объем выборки	999	999	999	-	999	998	999
Центр							
Среднеарифметическое значение, см	20,1	20,31	24,65	-	20,25	20,04	23,22
Медиана, см	20,1	19,8	24,7	-	19,70	20,00	23,00
Разброс							
Среднеквадратическое отклонение, см	6,59	8,81	1,42	-	9,05	9,70	10,54
Доверительный интервал, %	95	95	95	-	95	95	95
Семена кукурузы							
Объем выборки	997	997	997	993	999	999	992
Центр							
Среднеарифметическое значение, см	20,1	20,31	24,65	18,14	20,25	20,04	23,22
Медиана, см	20,1	19,8	24,7	18,50	19,70	20,00	23,00
Среднее квадратическое отклонение, см	7,66	7,42	10,07	8,49	9,06	9,90	10,39
Доверительный интервал, %	95	95	95	95	95	95	95
Семена подсолнечника							
Объем выборки, шт.	989	991	997	996	1000	992	999
Центр							
Среднеарифметическое значение, см	20,76	20,87	25,73	21,59	21,52	21,63	25,96
Медиана, см	18,50	19,10	23,10	19,30	19,00	19,50	22,90
Среднеквадратическое отклонение, см	13,42	13,12	16,33	14,02	13,98	13,78	16,49
Доверительный интервал, %	95	95	95	95	95	95	95

Данные значения медианы в таблице 7 аналогичны как для сфер-имитаторов семян, так и для семян кукурузы. Это означает, что вероятность случайной величины принять значение меньше медианы, в точности равна вероятности этой величины принять значение, больше медианы. Значения медианы в таблице 5 для семян кукурузы с увеличением скорости движения сеялки изменяются в пределах от 20,1 до 24,65, а для семян подсолнечника предел уменьшается и имеет значения от 18,50 до 23,1. Медианой случайной величины называют такое ее значение, для которого функция распределения равна 0,5. Это означает, что вероятность случайной величины «принять значение меньше медианы», в точности равна вероятности этой величины «принять значение, больше медианы» [48].

Значения среднего квадратического отклонения при распределении семян кукурузы в рядок режимами работы ВА с увеличением скорости движения сеялки от 6,2 до 12,2 км/ч, изменяются от 7,42 до 10,39, а при распределении семян подсолнечника – от 13,12 до 16,49, что в 1,77 и 1,59 раза больше соответственно. С изменением среднего квадратического отклонения положение кривой не изменяется, но изменяется ее форма. С уменьшением среднего квадратического отклонения кривая становится более вытянутой, а ветви ее сближаются; с увеличением среднего квадратического отклонения, наоборот, кривая становится более приплюснутой, а ветви ее раздвигаются шире, что сказывается отрицательно на распределении семян в рядок.

Таким образом, при технологических режимах работы высевашевого аппарата лучшие показатели семян и их распределение в рядке в опытах характеризуются при сближении ветвей кривой к теоретически заданной норме их высева. Оценку среднего квадратического отклонения семян от заданной нормы их высева (принимаемой средним арифметическим значением \bar{X}) при случайном их распределении в рядок высевашевым аппаратом возможно определять из выражения [48], [49].

$$\sigma_{\bar{X}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}, \quad (4.2)$$

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

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

Численные значения опытных расстояний между семенами по возрастанию и убыванию в нормальном их распределении [50], [51] в программе, которая способна сохранять полученные данные в формате WAV, группировались по классам с интервалом в 1 см.

Результаты опытов иллюстрируются распределением сфер-имитаторов семян, семян кукурузы и семян подсолнечника высевашевым аппаратом в рядок для исследуемых скоростей движения сеялки 7,2 и 12,2 км/ч, приведенные на рисунках 14, 15 и 16 соответственно.

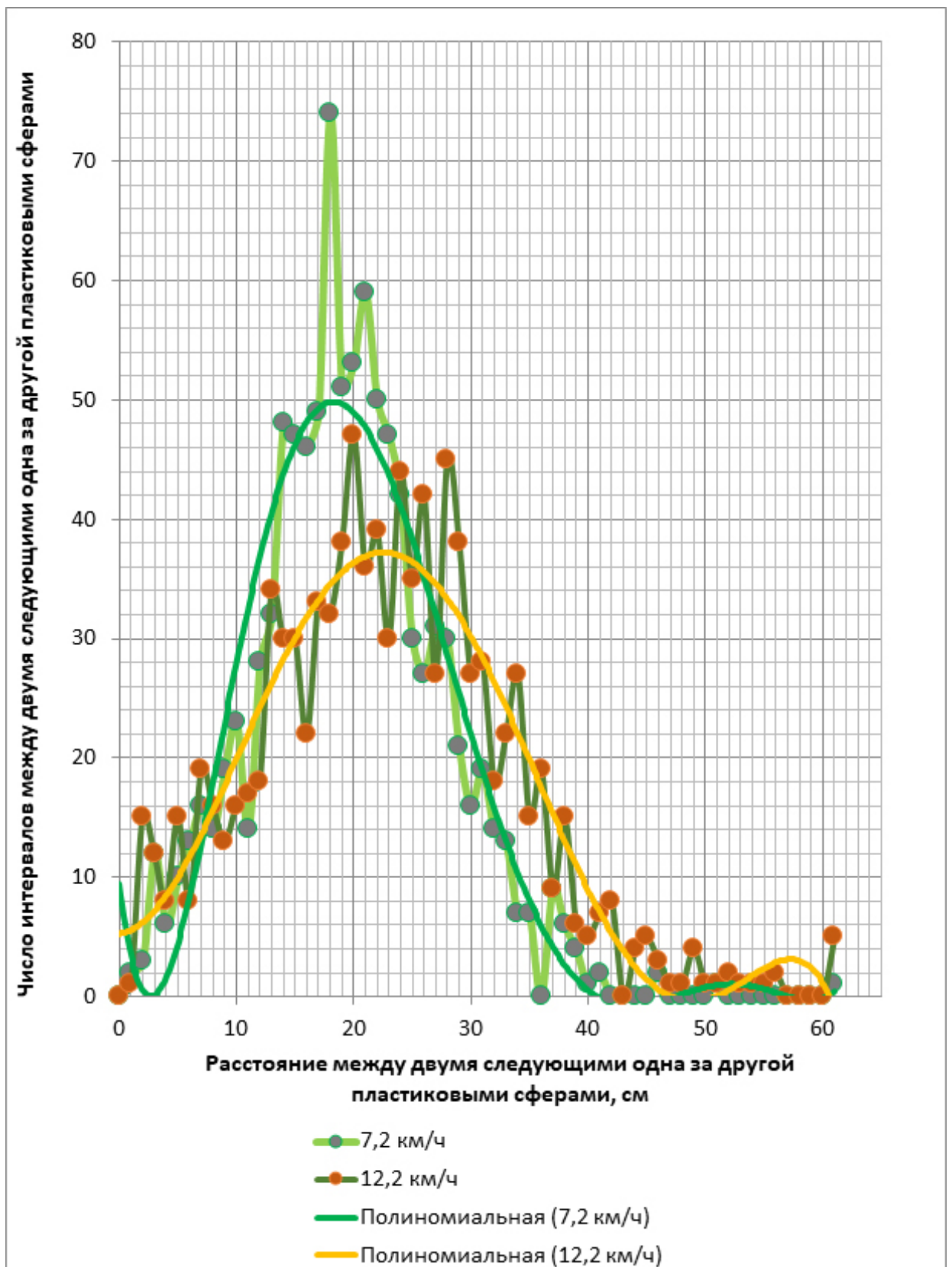


Рисунок 14 – Число интервалов между следующими одна за другой пластиковыми сферами в зависимости от расстояния между следующими одна за другой сферами

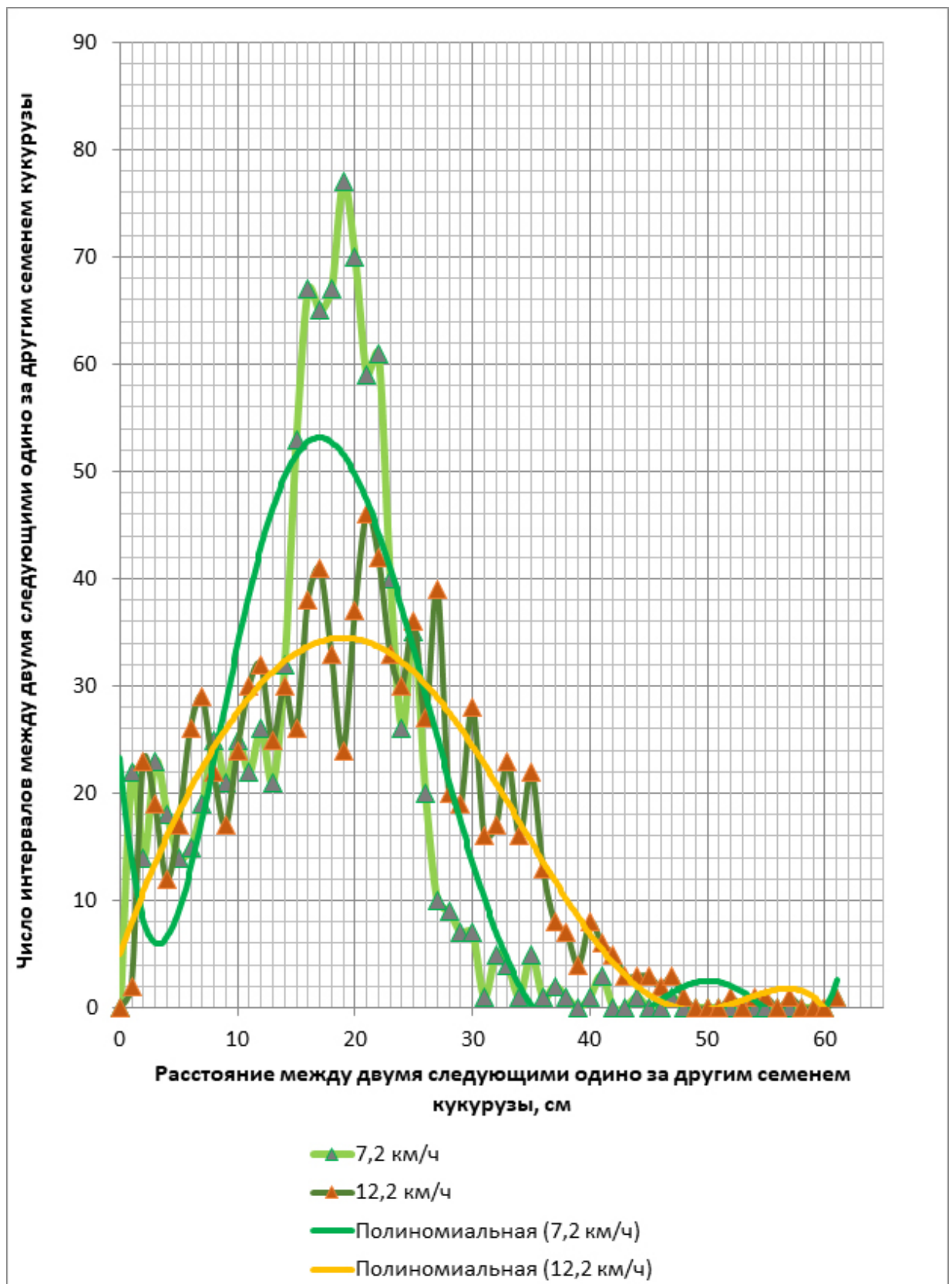


Рисунок 15 – Число интервалов между следующими одно за другим семенем кукурузы в зависимости от расстояния между двумя следующими одно за другим семенем кукурузы

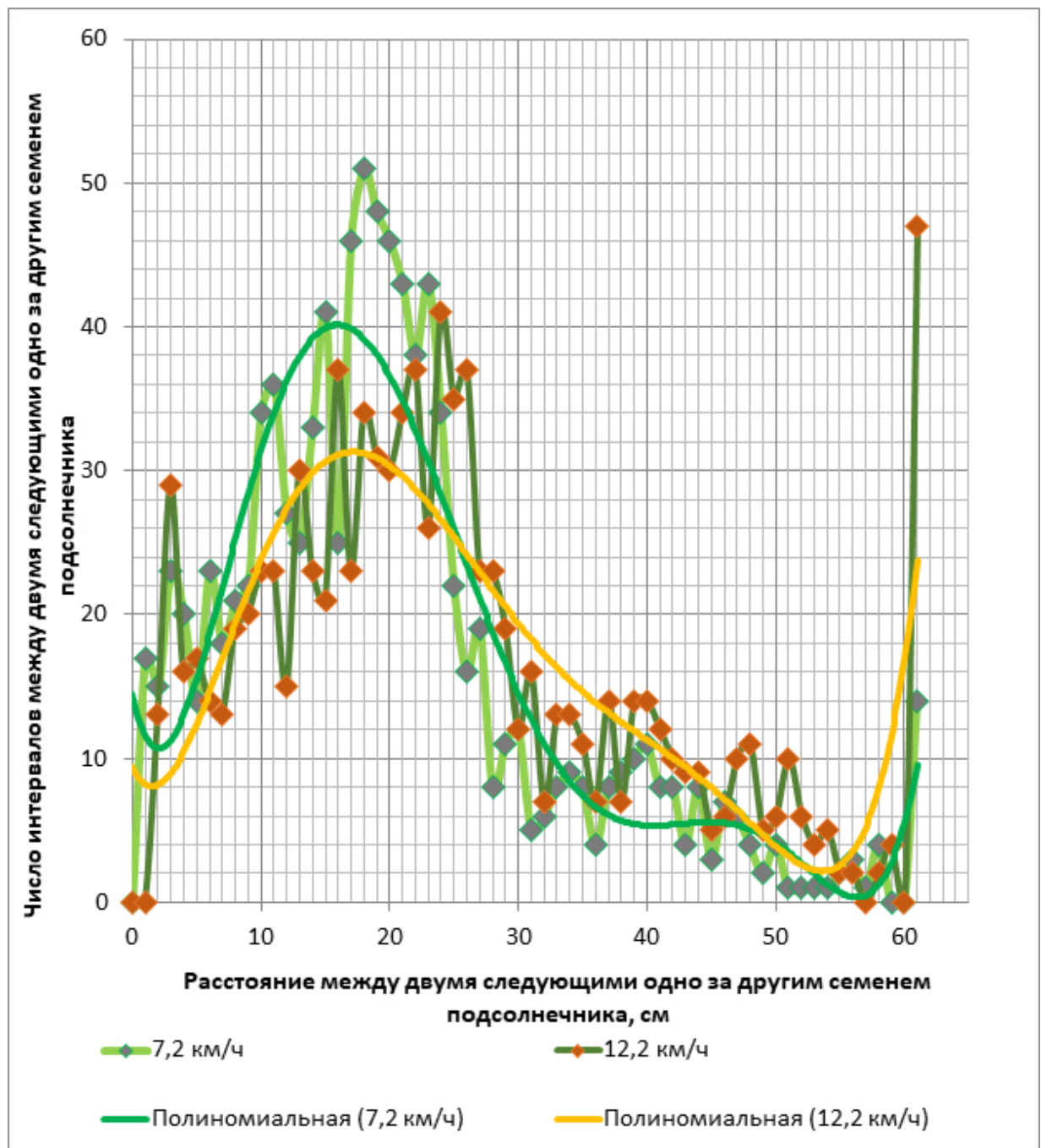


Рисунок 16 – Число интервалов между следующими одно за другим семенем подсолнечника в зависимости от расстояния между следующим одно за другим семенем подсолнечника

Приведенные на рисунках 14 и 15 графические распределения сфермитаторов и семян кукурузы в рядке наглядно представляют среднеквадратические отклонения, характеризующие отличие в 1,2 и 1,4 раза соответственно, а на рисунках 15 и 16 графические распределения семян кукурузы и подсолнечника в 1,77 и 1,59 раза для малых и больших скоростей движения сеялки соответственно.

Выводы.

1 Результаты проведенных исследований позволили установить, что для обеспечения рациональной технологии распределения семян в рядок высевающим аппаратом с требуемыми нормами высева для различных скоростей движения сеялок возможны дальнейшие исследования.

2 Представленные данные результатов исследований в табличной и графической формах численно и наглядно отражают технологический процесс достоверного нормального распределения семян в рядок высевающим аппаратом с применением закона больших чисел (большого числа семян).

4.2 Лабораторные исследования по влиянию технологических режимов работы высевающего аппарата на качество распределения семян пропашных культур с разными размерно-массовыми параметрами

4.2.1 Лабораторные исследования по влиянию технологических режимов работы высевающего аппарата на качество распределения семян гибридов зубовидной кукурузы (первая и вторая фракции)

Для проведения лабораторных исследований агрохолдингом «Агро-Мир» были предоставлены семена гибридов зубовидной кукурузы (первая и вторая фракции).

По разработанному программному обеспечению учета единичной регистрации числа семян в соответствии с законом больших чисел и методикой классовой обработки лабораторных данных и их информационного представления в графической или табличной формах были проведены лабораторные опыты с семенами зубовидной кукурузы таких гибридов как «Краснодарский 194» (первая и вторая фракции) («КР 194»), «Краснодарский 415» (первая и вторая фракции) («КР 415») и «Краснодарский 291» (вторая фракция) («КР291») на стендовом оборудовании с установленным пневматическим высевающим аппаратом сеялки фирмы MaterMass (мод. 3XL). В каче-

стве объекта исследований был выбран заданный интервал между семенами при норме высева 5 шт./м пог. для условных скоростей движения сеялки 6,6 и 8,9 км/ч.

Некоторые основные характеристики выбранных для исследований гибридов зубовидной кукурузы представлены в таблице 8.

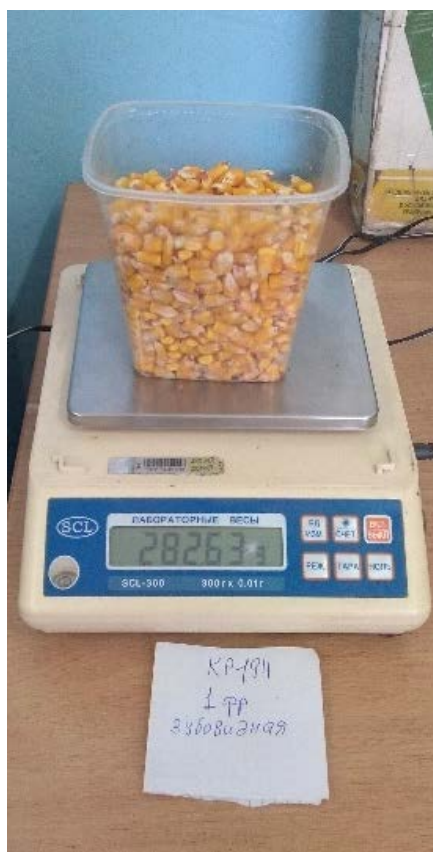
Таблица 8 – Основные характеристики гибридов кукурузы

Наименование характеристики	Значение по гибриду		
	«Краснодарский 194»	«Краснодарский 415»	«Краснодарский 291»
ФАО*) кукурузы	90	400	290
Свойства гибрида	раннеспелый двойной межлинейный	среднепоздний двойной межлинейный	среднеранний простой модифицированный
Вегетационный период, дней	94-95	116-117	105-108
Масса 1000 зерен, г	260-270	285-290	280-300
Рекомендации районам РФ для возделывания	на зерно и силос по Центральному, Волго-Вятскому, Средне-Волжскому, Уральскому, Западно-Сибирскому, Восточно-Сибирскому	на зерно и силос по Северо-Кавказскому, Нижневолжскому	на силос по Центральному; на зерно по Северо-Кавказскому, Центрально-Черноземному
Оптимальная густота стояния, тыс. растений на 1 га	65-75	75-80	75-80

*) ФАО кукурузы – это условный индекс скороспелости, принятый Международной продовольственной и сельскохозяйственной организацией при ФАО (Food and Agricultural)

4.2.1.1 Распределение в рядок первой фракции зубовидной кукурузы «Краснодарский 194» и «Краснодарский 415» для скорости движения сеялки 6,6 км/ч

Взвешивание 1000 семян [46] гибридов зубовидной кукурузы «Краснодарский 194» («КР 194») и «Краснодарский 415» («КР 415») показано на рисунке 17.



а) - «КР 194»

б) - «КР 415»

Рисунок 17 – Общий вид взвешивания гибрида 1000 семян зубовидной кукурузы первой фракции

На рисунке 18 приведены данные о числе интервалов между двумя, следующими одно за другим, семенами гибрида зубовидной кукурузы «КР 194» (первая фракция) в ряду, в зависимости от расчетных расстояний между двумя следующими одно за другим семенами гибрида зубовидной кукурузы «КР 194» (первая фракция) в ряду при норме высева 5 шт./м пог. для условной скорости движения сеялки 6,6 км/ч.

Результаты статистической оценки распределения семян зубовидной кукурузы «КР 194» (первая фракция) в рядок пневматическим высевающим аппаратом в составе стендового оборудования при условной скорости движения сеялки 1,83 м/с (6,6 км/ч) приведены в таблице 9.

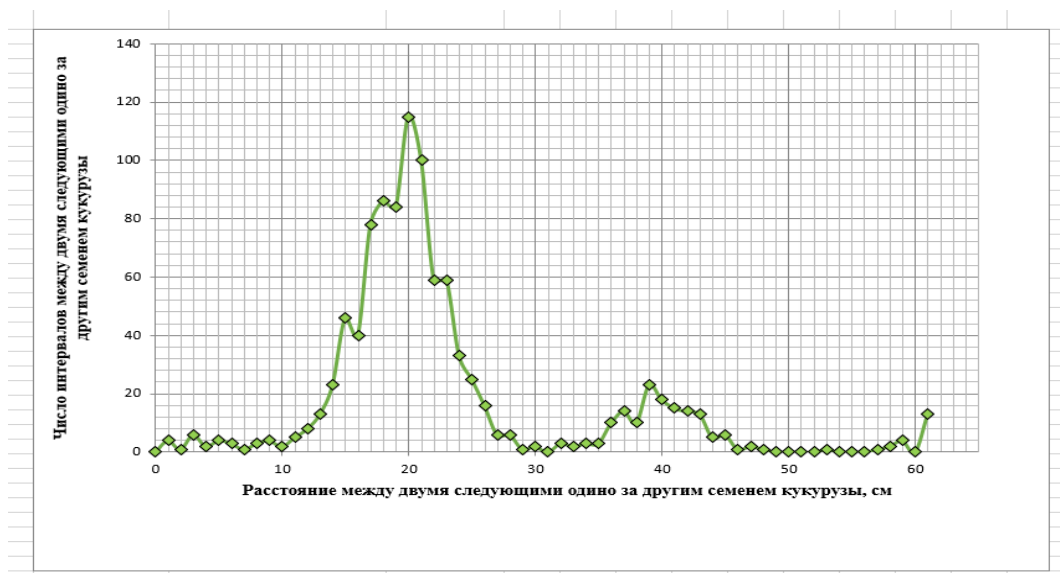


Рисунок 18 – Распределение в рядок первой фракции семян гибрида зубовидной кукурузы «КР 194» (первая фракция) с нормой высева 5 шт./м пог. для условной скорости движения сеялки 6,6 км/ч

Таблица 9 – Результаты статистической оценки распределения первой фракции семян гибрида зубовидной кукурузы «КР 194» в рядок пневматическим высевающим аппаратом в составе стендового оборудования при условной скорости движения сеялки 6,6 км/ч

Наименование показателя	Значение показателя
Объём выборки, шт.	999
Центр	
Среднеарифметическое, см	23,40
Медиана, см	21,00
Разброс	
Дисперсия (выборочная), см ²	109,36
Среднеквадратическое отклонение, см	10,46
Коэффициент вариации, %	44,68

На рисунке 19 приведены данные о числе интервалов между двумя, следующими одно за другим, семенами гибрида зубовидной кукурузы «КР 415» (первая фракция) в ряду, в зависимости от расчетных расстояний между двумя следующими одно за другим семенами гибрида зубовидной кукурузы «КР 415» (первая фракция) в ряду с нормой высева 5 шт./м пог. при условной скорости движения сеялки 6,6 км/ч.

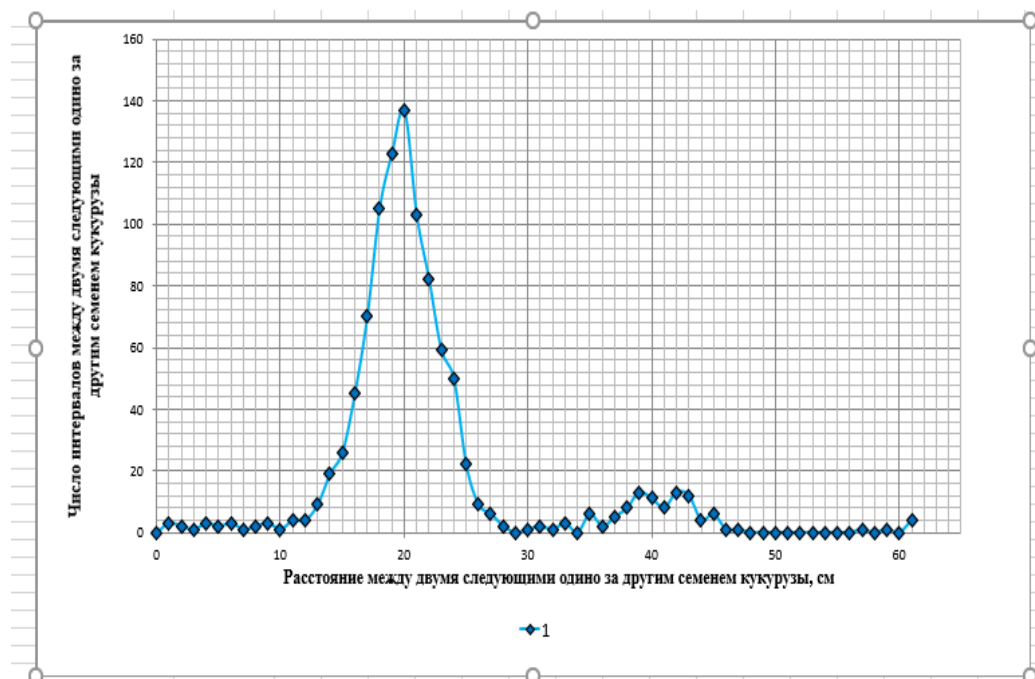


Рисунок 19 – Распределение в рядок семян гибрида первой фракции зубовидной кукурузы «КР 415» для скорости движения сеялки 6,6 км/ч

Результаты статистической оценки распределения семян гибрида первой фракции зубовидной кукурузы «КР 415» в рядок пневматическим высевальным аппаратом в составе стендового оборудования при условной скорости движения сеялки 1,83 м/с (6,6 км/ч) приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Результаты статистической оценки распределения семян гибрида первой фракции зубовидной кукурузы «КР 415» в рядок пневматическим высевальным аппаратом в составе стендового оборудования при условной скорости движения сеялки 1,83 м/с (6,6 км/ч)

Наименование показателя	Значение показателя
Объём выборки, шт.	999
Центр	
Среднеарифметическое, см	22,11
Медиана, см	20,00
Разброс	
Дисперсия (выборочная), см ²	63,00
Среднеквадратическое отклонение, см	7,94
Коэффициент вариации (%)	35,89

На рисунке 20 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 дву-

мя, следующими одна за другой, сферой-имитатором в рядок при норме высева 5 шт./пог. м.

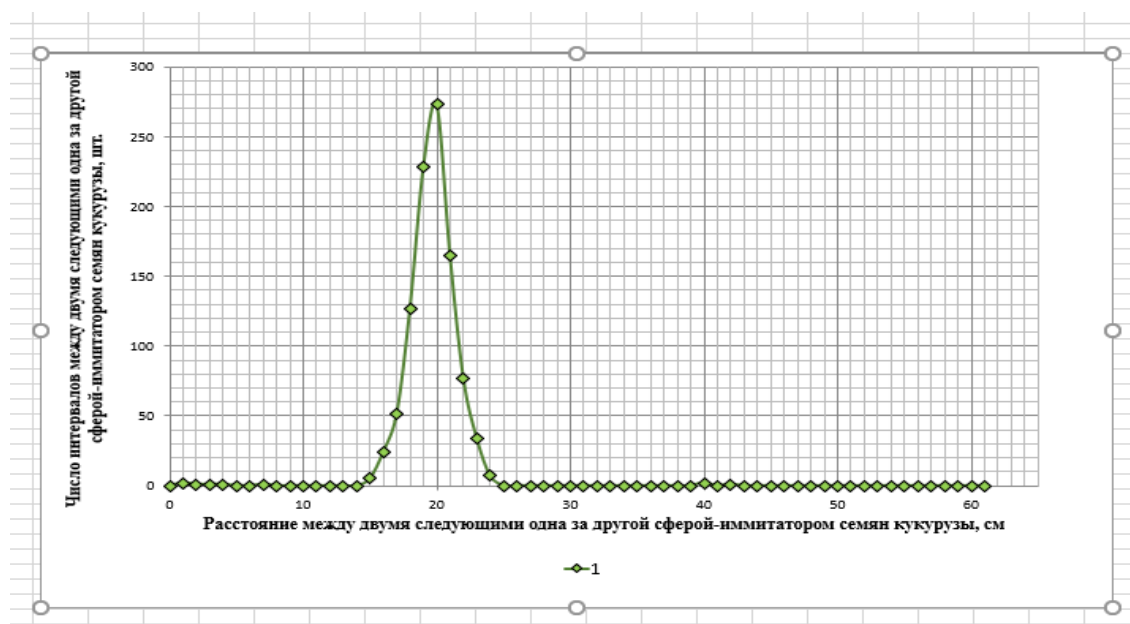


Рисунок 20 – Число интервалов между двумя, следующими одна за другой, сферой-имитатором семян кукурузы в рядке, в зависимости от расчетных расстояний между двумя следующими одна за другой сферой-имитатором семян кукурузы в рядке (норма высева 5 шт./пог. м) при условной скорости движения сеялки 6,6 км/ч

Результаты статистической оценки распределения сфер-имитаторов семян в рядок пневматическим высевальным аппаратом в составе станционного оборудования при условной скорости движения сеялки 1,94 м/с (6,6 км/ч) приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Результаты статистической оценки распределения сфер-имитаторов семян в рядок пневматическим высевальным аппаратом в составе станционного оборудования при условной скорости движения сеялки 1,83 м/с (6,6 км/ч)

Наименование показателя	Значение показателя
Объём выборки, шт.	1000
Центр	
Среднеарифметическое, см	20,09
Медиана, см	20,00
Разброс	
Дисперсия (выборочная), см ²	5,42
Среднеквадратическое отклонение, см	2,33
Коэффициент вариации, %	11,59

Распределение в рядок первой фракции семян гибридов зубовидной кукурузы «КР 194» и «КР 415» для условной скорости движения сеялки 6,6 км/ч в сравнении со сферами-имитаторами семян при норме высева 5 шт./м пог. приведено на рисунке 21.

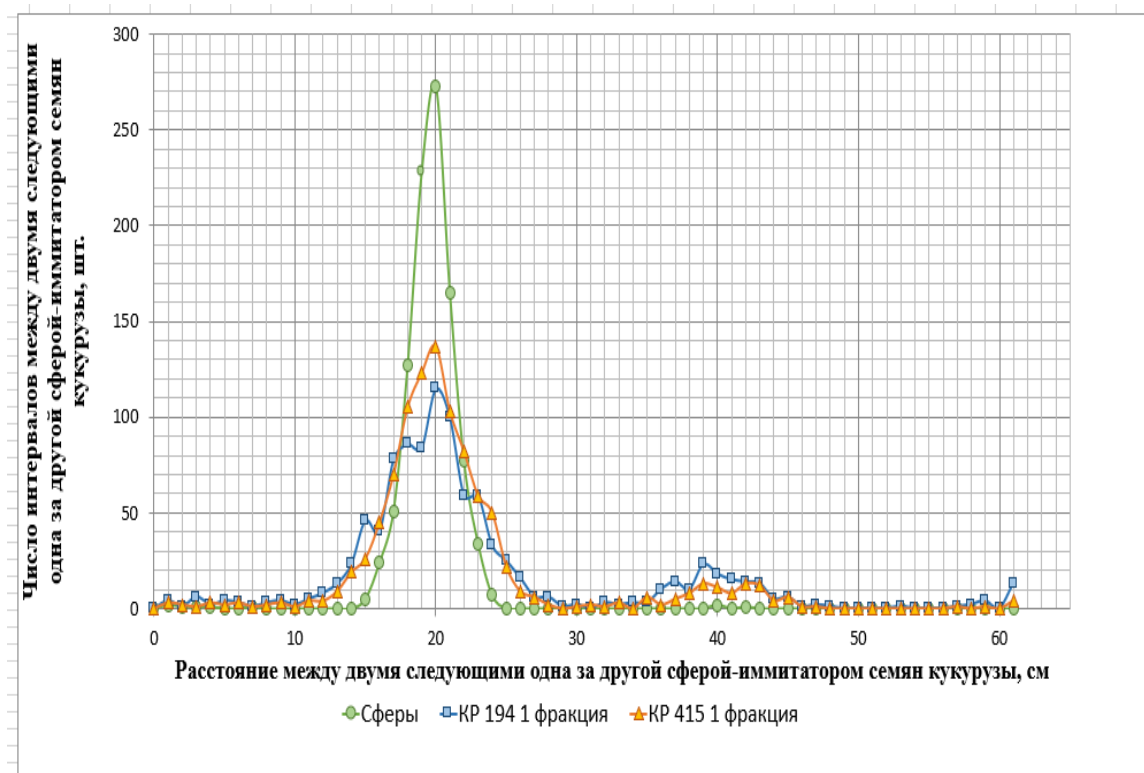


Рисунок 21 – Распределение в рядок первой фракции семян гибридов зубовидной кукурузы «КР 194» и «КР 415» для условной скорости движения сеялки 6,6 км/ч в сравнении со сферами-имитаторами семян при норме высева 5 шт./м пог.

4.2.1.2 Распределение в рядок первой фракции зубовидной кукурузы «Краснодарский 194» и «Краснодарский 415» для скорости движения сеялки 8,9 км/ч

На рисунке 22 приведены данные о числе интервалов между двумя следующими одно за другим семенами гибрида зубовидной кукурузы «КР 194» (первая фракция) в ряду, в зависимости от расчетных расстояний между двумя следующими одно за другим семенами гибрида зубовидной кукурузы «КР 194» (первая фракция) в ряду при норме высева 5 шт./м пог. и условной скорости движения сеялки 8,9 км/ч.

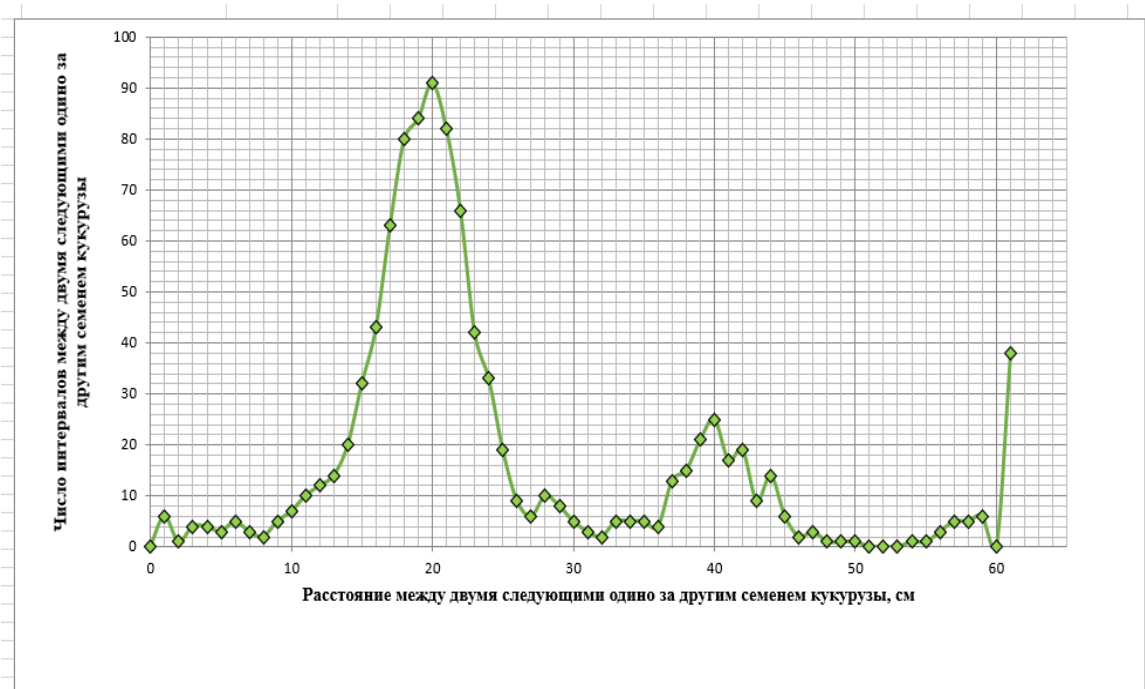


Рисунок 22 – Распределение в рядок первой фракции гибрида зубовидной кукурузы «КР 194» (первая фракция) для условной скорости движения сеялки 8,9 км/ч

Результаты статистической оценки распределения семян зубовидной кукурузы «КР 194» (первая фракция) в рядок пневматическим высевальным аппаратом в составе станционного оборудования при условной скорости движения сеялки 2,47 м/с (8,9 км/ч) приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Результаты статистической оценки распределения первой фракции семян гибрида зубовидной кукурузы «КР 194» в рядок пневматическим высевальным аппаратом в составе станционного оборудования при условной скорости движения сеялки 2,47 м/с (8,9 км/ч)

Наименование показателя	Значение показателя
Объём выборки, шт.	999
Центр	
Среднеарифметическое, см	25,98
Медиана, см	21,00
Разброс	
Дисперсия (выборочная), см ²	245,75
Среднеквадратическое отклонение, см	15,68
Коэффициент вариации (%)	60,33

На рисунке 23 приведены данные о числе интервалов между двумя следующими одно за другим семенами гибрида зубовидной кукурузы «КР 415» (первая фракция) в ряду, в зависимости от расчетных расстояний

между двумя следующими одно за другим, семенами гибрида зубовидной кукурузы «КР 415» (первая фракция) в ряду при норме высева 5 шт./м пог. и условной скорости движения сеялки 2,47 м/с (8,9 км/ч).

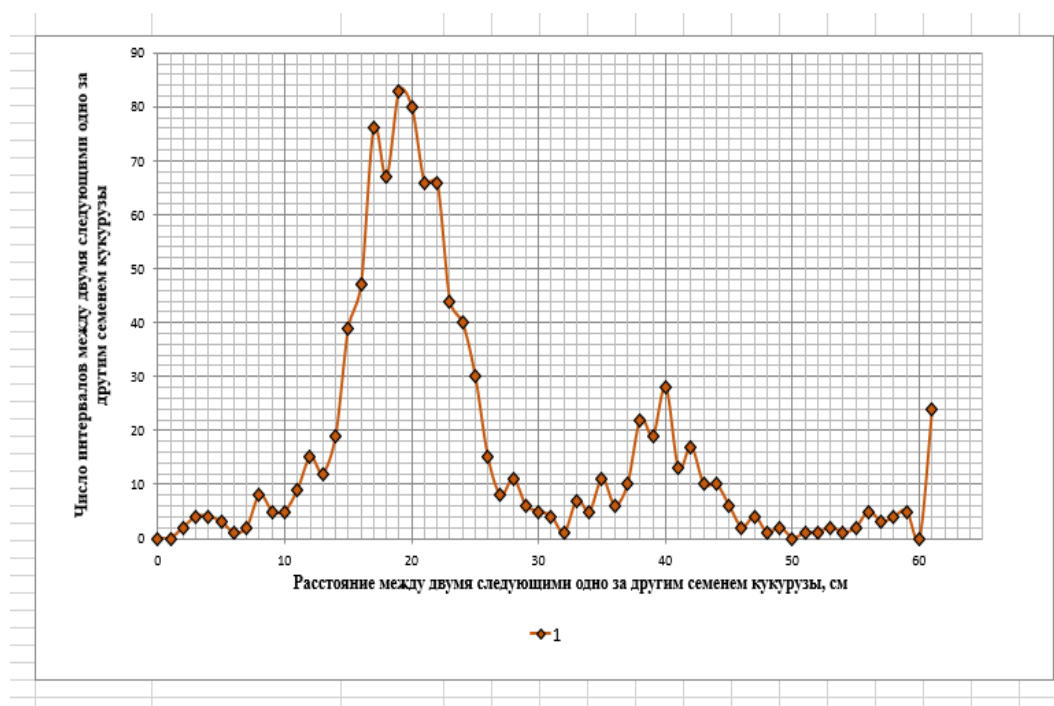


Рисунок 23 – Распределение в рядок семян первой фракции гибрида зубовидной кукурузы «КР 415» (первая фракция) при норме высева 5 шт./м пог. и условной скорости движения сеялки 2,47 м/с (8,9 км/ч)

Результаты статистической оценки распределения семян гибрида первой фракции зубовидной кукурузы «КР 415» в рядок пневматическим высевающим аппаратом в составе стандового оборудования при условной скорости движения сеялки 2,47 м/с (8,9 км/ч) приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Результаты статистической оценки распределения семян гибрида первой фракции зубовидной кукурузы «КР 415» в рядок пневматическим высевающим аппаратом в составе стандового оборудования при условной скорости движения сеялки 2,47 м/с (8,9 км/ч)

Наименование показателя	Значение показателя
Объём выборки, шт.	998
Центр	
Среднеарифметическое, см	25,50
Медиана, см	21,00
Разброс	
Дисперсия (выборочная), см ²	198,38
Среднеквадратическое отклонение, см	14,08
Коэффициент вариации (%)	55,24

На рисунке 24 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./м пог. и условной скорости движения сеялки 2,47 м/с (8,9 км/ч).

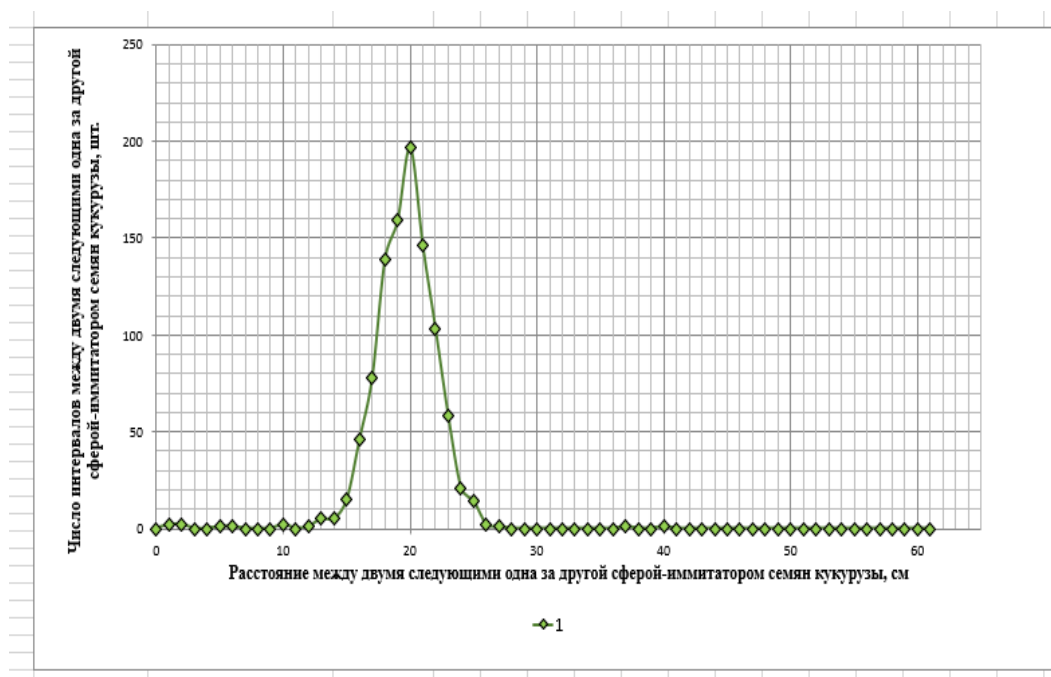


Рисунок 24 – Число интервалов между двумя, следующими одна за другой, сферой-имитатором семян кукурузы в рядке, в зависимости от расчетных расстояний между двумя следующими одна за другой сферой-имитатором семян кукурузы в рядке (норма высева 5 шт./пог. м) при условной скорости движения сеялки 2,47 м/с (8,9 км/ч)

Результаты статистической оценки распределения сфер-имитаторов семян в рядок пневматическим высевающим аппаратом в составе стендового оборудования при условной скорости движения сеялки 2,47 м/с (8,9 км/ч) приведены в таблице 14.

Распределение в рядок первой фракции зубовидной кукурузы «КР 194» и «КР 415» для условной скорости движения сеялки 2,47 м/с (8,9 км/ч) в сравнении со сферами-имитаторами семян при норме высева 5 шт./м пог. приведено на рисунке 25.

Таблица 14 – Результаты статистической оценки распределения сфер-имитаторов семян в рядок пневматическим высевальным аппаратом в составе станционного оборудования при условной скорости движения сеялки 2,47 м/с (8,9 км/ч)

Наименование показателя	Значение показателя
Объём выборки, шт.	1000
Центр	
Среднеарифметическое, см	20,07
Медиана, см	20,00
Разброс	
Дисперсия (выборочная), см ²	7,53
Среднеквадратическое отклонение, см	2,74
Коэффициент вариации (%)	13,67

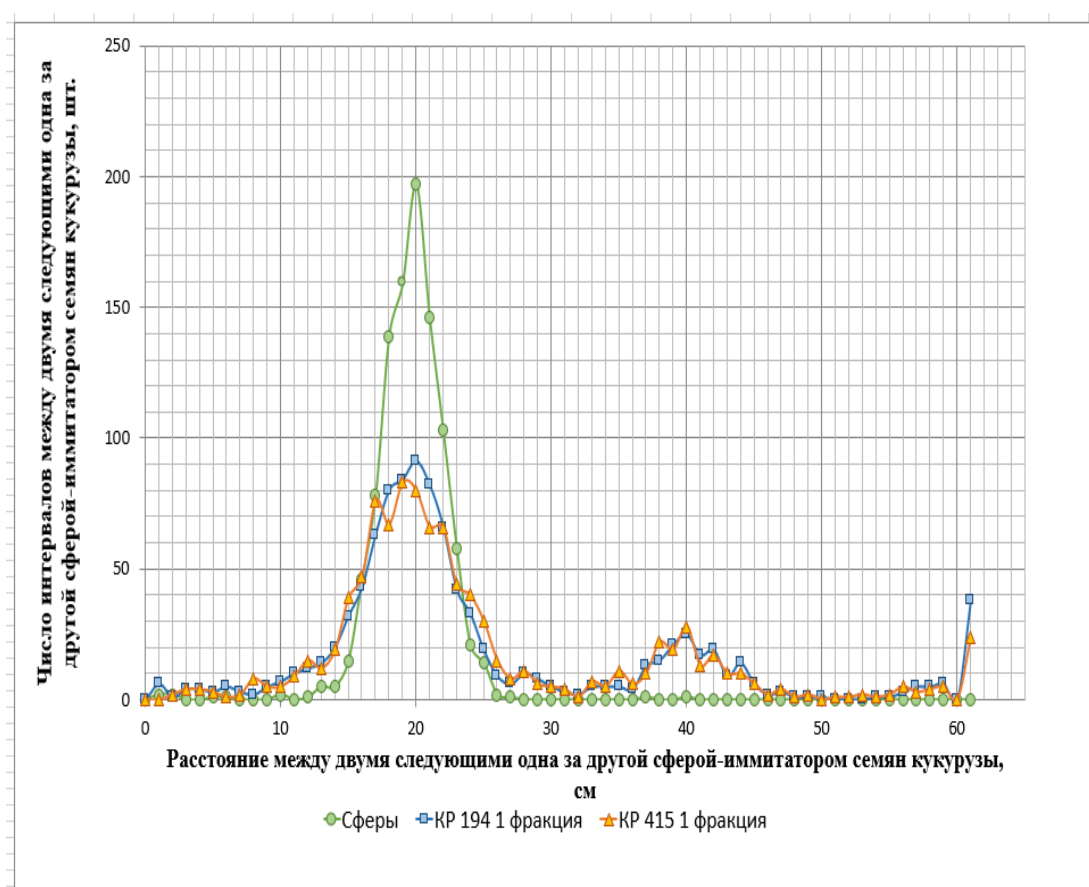


Рисунок 25 – Распределение в рядок первой фракции зубовидной кукурузы «КР 194» и «КР 415» для условной скорости движения сеялки 2,47 м/с (8,9 км/ч) в сравнении со сферами-имитаторами семян при норме высева 2 шт./м пог.

Результаты статистической оценки распределения семян кукурузы в рядок пневматическим высевальным аппаратом в составе станционного оборудования в сравнении с распределением сфер-имитаторов при условных ско-

ростях движения сеялки 1,83 м/с (6,6 км/ч) и 2,47 м/с (8,9 км/ч) приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Результаты статистической оценки распределения семян кукурузы в рядок пневматическим высевальным аппаратом в составе стендового оборудования в сравнении с распределением сфер-имитаторов при условных скоростях движения сеялки 1,83 м/с (6,6 км/ч) и 2,47 м/с (8,9 км/ч)

Наименование показателя	Значение показателя					
	6,6			8,9		
Условная скорость движения сеялки, км/ч	6,6			8,9		
Гибрид	«КР 194»	«КР 415»	сферы-имитаторы	«КР 194»	«КР 415»	сферы-имитаторы
Фракция семян	первая фракция					
Объем выборки, шт.	999	999	1000	999	998	1000
Центр						
Среднеарифметическое, см	23,40	22,11	20,09	25,98	25,50	20,07
Медиана, см	21,00	20,00	20,00	21,00	21,00	20,00
Разброс						
Дисперсия (выборочная), см ²	109,36	63,00	5,42	245,75	198,38	7,53
Среднеквадратическое отклонение, см	10,46	7,94	2,33	15,68	14,08	2,74
Коэффициент вариации, %	44,68	35,89	11,59	60,33	55,24	13,67

Из приведенных в таблице 15 данных следует, что лучшие показатели по значению коэффициента вариации у зубовидной кукурузы «КР 415» при условных скоростях движения сеялки 1,83 м/с (6,6 км/ч) и 2,47 м/с (8,9 км/ч).

При увеличении скорости сеялки в 1,35 раза коэффициент вариации увеличивается в 1,5 раза, значение которого для получения максимальной урожайности должно быть менее 30 %.

4.2.1.3 Распределение в рядок второй фракции зубовидной кукурузы «Краснодарский 194», «Краснодарский 415» и «Краснодарский 291» для скорости движения сеялки 6,6 км/ч

Взвешивание 1000 семян гибридов зубовидной кукурузы «КР 194», «КР 415» и «КР 291» (вторая фракция) приведено на рисунке 26 [46].



а) - «КР 194» б) - «КР 415» в) - «КР 291»

Рисунок 26 – Общий вид взвешивания 1000 семян гибридов зубовидной кукурузы второй фракции

На рисунке 27 приведены данные о числе интервалов между двумя, следующими одно за другим, семенами гибрида зубовидной кукурузы «КР 194» (вторая фракция) в ряду, в зависимости от расчетных расстояний между двумя следующими одно за другим, семенами гибрида зубовидной кукурузы «КР 194» (вторая фракция) в ряду при норме высева 5 шт./м пог. для скорости движения сеялки 6,6 км/ч.

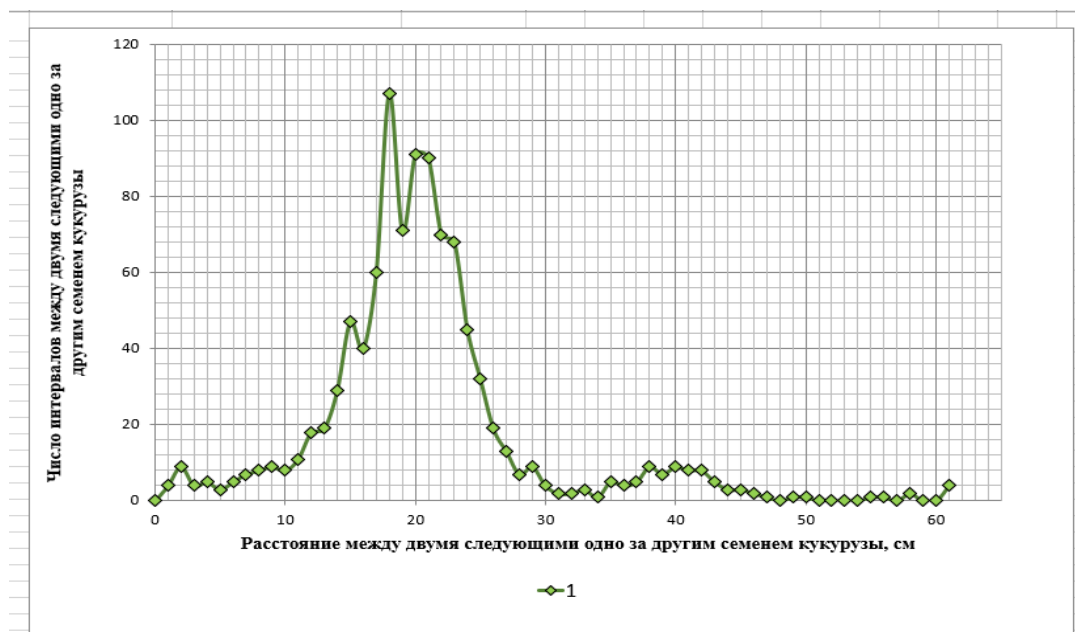


Рисунок 27 – Распределение в рядок второй фракции семян гибрида зубовидной кукурузы «КР 194» для скорости движения сеялки 6,6 км/ч

Результаты статистической оценки распределения семян зубовидной кукурузы «КР 194» (вторая фракция) в рядок пневматическим высевающим

аппаратом в составе стендового оборудования при условной скорости движения сеялки 1,83 м/с (6,6 км/ч) приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Результаты статистической оценки распределения второй фракции семян гибрида зубовидной кукурузы «КР 194» в рядок пневматическим высевающим аппаратом в составе стендового оборудования при условной скорости движения сеялки 6,6 км/ч

Наименование показателя	Значение показателя
Объём выборки, шт.	999
Центр	
Среднеарифметическое, см	21,21
Медиана, см	20,00
Разброс	
Дисперсия (выборочная), см ²	68,78
Среднеквадратическое отклонение, см	8,29
Коэффициент вариации (%)	39,10

На рисунке 28 приведены данные о числе интервалов между двумя, следующими одно за другим, семенами зубовидной кукурузы «КР 415» (вторая фракция) в ряду, в зависимости от расчетных расстояний между двумя следующими одно за другим, семенами зубовидной кукурузы «КР 415» (вторая фракция) в ряду при норме высева 5 шт./ м пог. при условной скорости движения сеялки 6,6 км/ч.

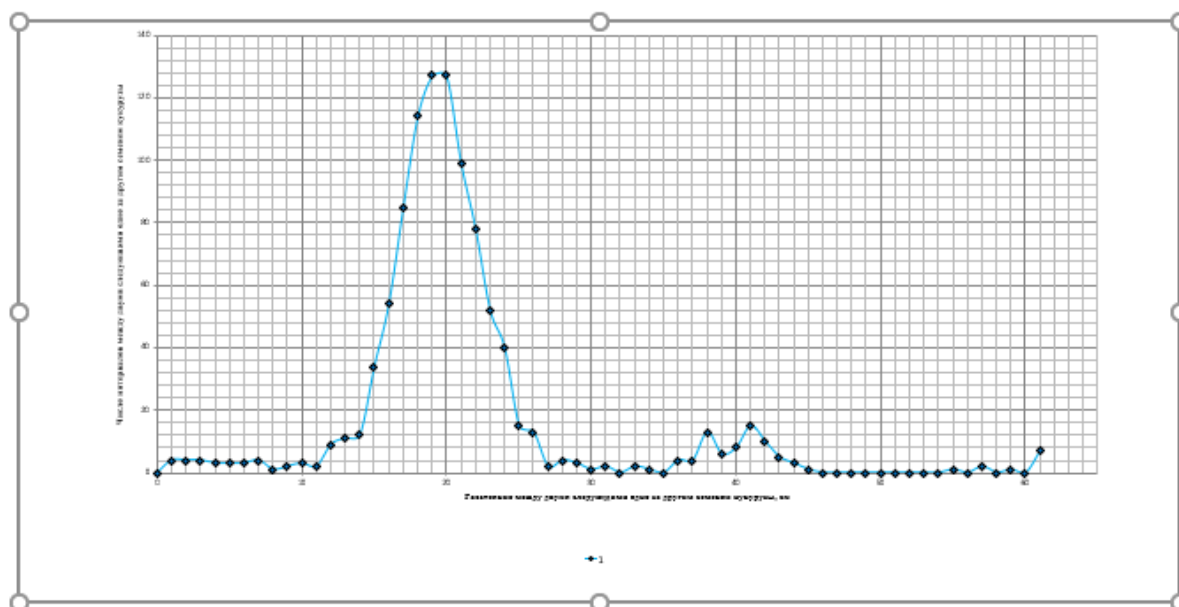


Рисунок 28 – Распределение в рядок второй фракции зубовидной кукурузы «КР 415» для скорости движения сеялки 6,6 км/ч

Результаты статистической оценки распределения семян гибрида второй фракции зубовидной кукурузы «КР 415» в рядок пневматическим высевальным аппаратом в составе стендового оборудования при условной скорости движения сеялки 1,83 м/с (6,6 км/ч) приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Результаты статистической оценки распределения семян гибрида второй фракции зубовидной кукурузы «КР 415» в рядок пневматическим высевальным аппаратом в составе стендового оборудования при условной скорости движения сеялки 1,83 м/с (6,6 км/ч)

Наименование показателя	Значение показателя
Объём выборки, шт.	998
Центр	
Среднеарифметическое, см	21,68
Медиана, см	20,00
Разброс	
Дисперсия (выборочная), см ²	120,30
Среднеквадратическое отклонение, см	10,97
Коэффициент вариации (%)	50,60

На рисунке 29 приведены данные о числе интервалов между двумя, следующими одно за другим, семенами зубовидной кукурузы «КР 291» (вторая фракция) в рядку, в зависимости от расчетных расстояний между двумя следующими одно за другим, семенами зубовидной кукурузы «КР 291» (вторая фракция) в рядку при норме высева 5 шт./м пог. при условной скорости движения сеялки 6,6 км/ч.

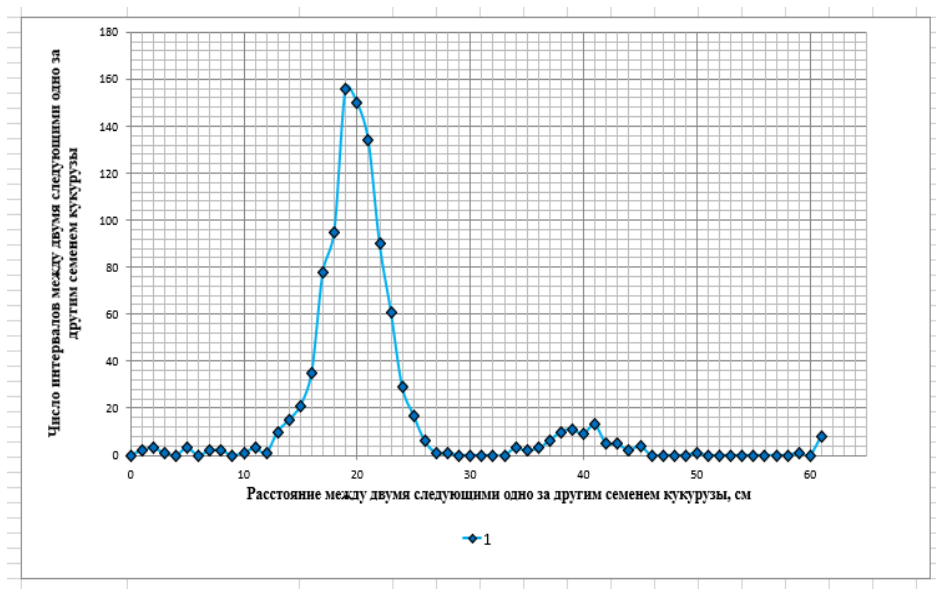


Рисунок 29 – Распределение в рядок второй фракции зубовидной кукурузы «КР 291» для скорости движения сеялки 6,6 км/ч

Результаты статистической оценки распределения семян гибрида второй фракции зубовидной кукурузы «КР 291» в рядок пневматическим высевальным аппаратом в составе стандового оборудования при условной скорости движения сеялки 1,83 м/с (6,6 км/ч) приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Результаты статистической оценки распределения семян гибрида второй фракции зубовидной кукурузы «КР 415» в рядок пневматическим высевальным аппаратом в составе стандового оборудования при условной скорости движения сеялки 1,83 м/с (6,6 км/ч)

Наименование показателя	Значение показателя
Объём выборки, шт.	1000
Центр	
Среднеарифметическое, см	21,83
Медиана, см	20,00
Разброс	
Дисперсия (выборочная), см ²	56,96
Среднеквадратическое отклонение, см	7,55
Коэффициент вариации (%)	34,57

Распределение в рядок второй фракции зубовидной кукурузы «КР 194», «КР 415» и «КР 291» для условной скорости движения сеялки 6,6 км/ч в сравнении со сферами-имитаторами семян при норме высева 5 шт./м пог. приведено на рисунке 30.

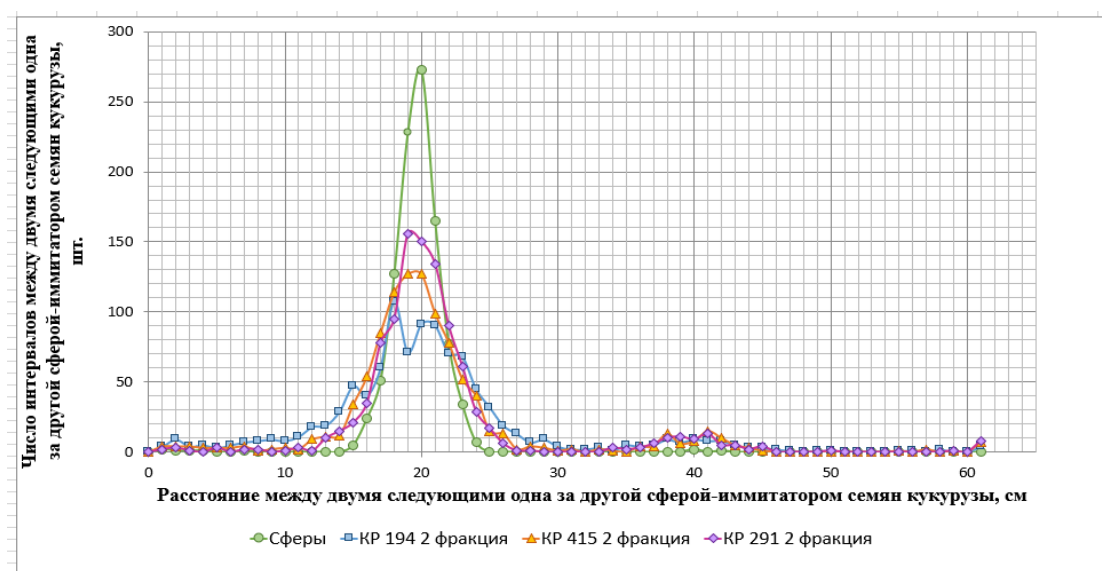


Рисунок 30 – Распределение в рядок второй фракции зубовидной кукурузы «КР 194», «КР 415» и «КР 291» для условной скорости движения сеялки 6,6 км/ч в сравнении со сферами-имитаторами семян при норме высева 5 шт./м пог.

4.2.1.4 Распределение в рядок второй фракции зубовидной кукурузы «Краснодарский 194», «Краснодарский 415» и «Краснодарский 291» для скорости движения сеялки 2,47 м/с (8,9 км/ч)

На рисунке 31 приведены данные о числе интервалов между двумя, следующими одно за другим, семенами гибрида зубовидной кукурузы «КР 194» (вторая фракция) в ряду, в зависимости от расчетных расстояний между двумя следующими одно за другим, семенами гибрида зубовидной кукурузы «КР 194» (вторая фракция) в ряду при норме высева 5 шт./м пог. для скорости движения сеялки 2,47 м/с (8,9 км/ч).

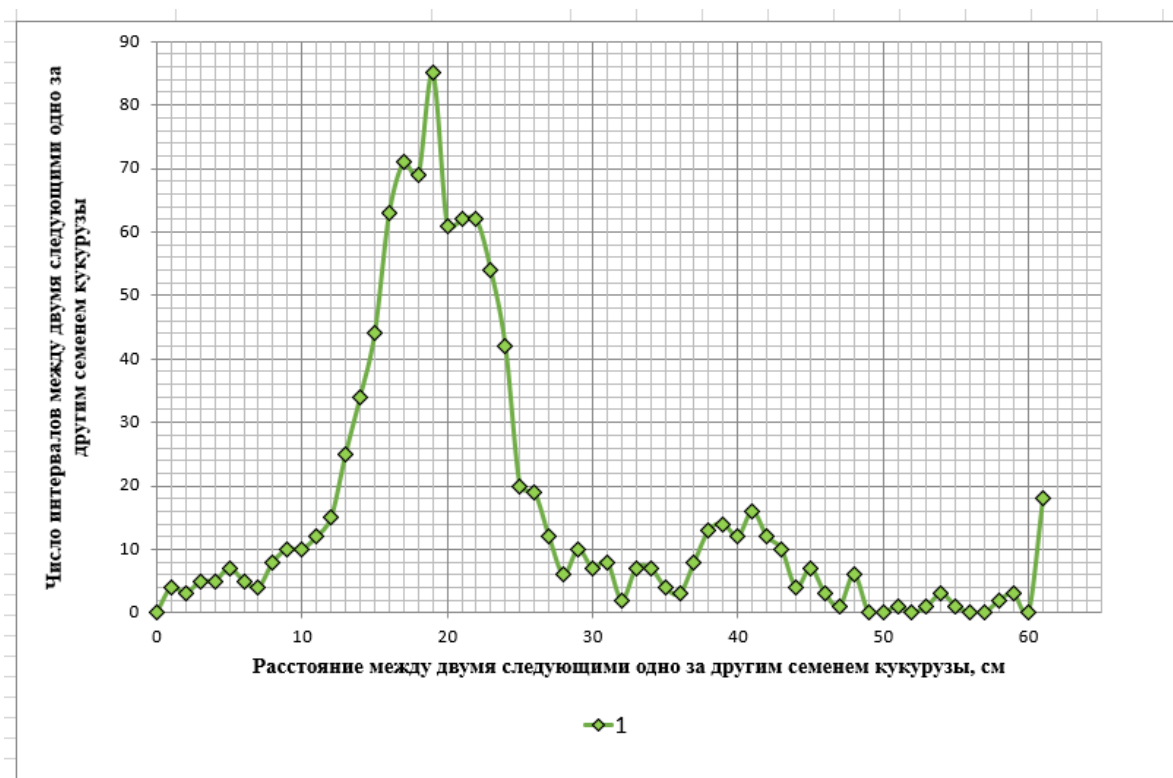


Рисунок 31 – Распределение в рядок второй фракции семян гибрида зубовидной кукурузы «КР 194» для скорости движения сеялки 8,9 км/ч

Результаты статистической оценки распределения семян зубовидной кукурузы «КР 194» (вторая фракция) в рядок пневматическим высевающим аппаратом в составе стендового оборудования при условной скорости движения сеялки 2,47 м/с (8,9 км/ч) приведены в таблице 19.

Таблица 19 – Результаты статистической оценки распределения второй фракции семян гибрида зубовидной кукурузы «КР 194» в рядок пневматическим высевальным аппаратом в составе стандового оборудования при условной скорости движения сеялки 2,47 м/с (8,9 км/ч)

Наименование показателя	Значение показателя
Объём выборки, шт.	1000
Центр	
Среднеарифметическое, см	23,30
Медиана, см	20,00
Разброс	
Дисперсия (выборочная), см ²	171,55
Среднеквадратическое отклонение, см	13,10
Коэффициент вариации (%)	56,22

На рисунке 32 приведены данные о числе интервалов между двумя, следующими одно за другим, семенами зубовидной кукурузы «КР 415» (вторая фракция) в рядке, в зависимости от расчетных расстояний между двумя следующими одно за другим, семенами зубовидной кукурузы «КР 415» (вторая фракция) в рядке при норме посева 5 шт./м пог. при условной скорости движения сеялки 2,47 м/с (8,9 км/ч).

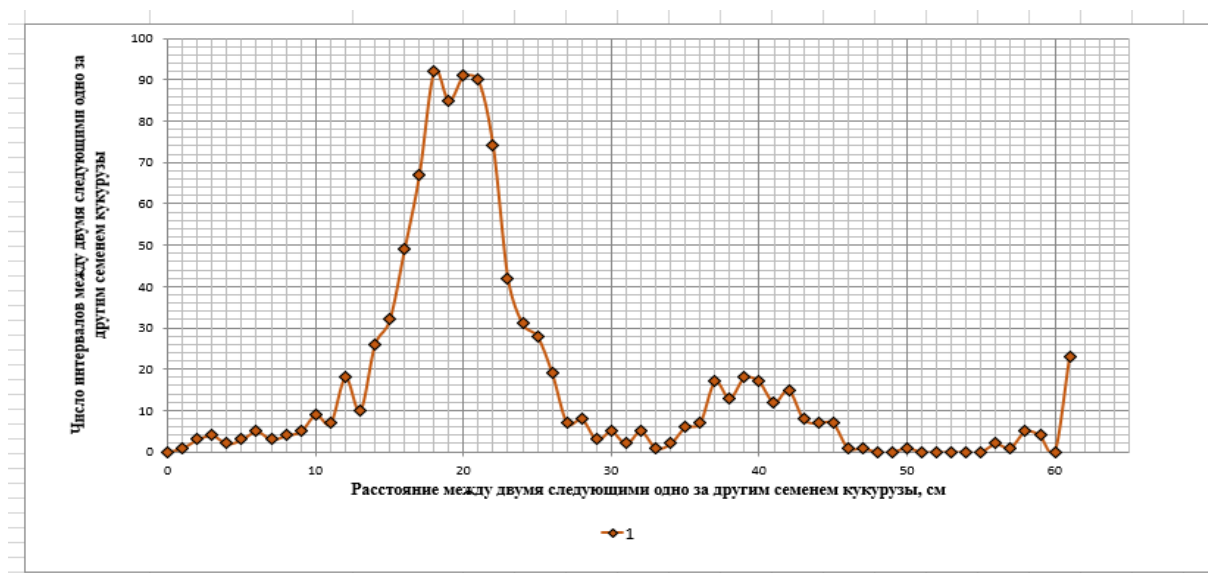


Рисунок 32 – Распределение в рядок второй фракции зубовидной кукурузы «КР 415» для скорости движения сеялки 2,47 м/с (8,9 км/ч)

Результаты статистической оценки распределения семян гибрида второй фракции зубовидной кукурузы «КР 415» в рядок пневматическим высевальным аппаратом в составе стандового оборудования при условной скорости движения сеялки 2,47 м/с (8,9 км/ч) приведены в таблице 20.

Таблица 20 – Результаты статистической оценки распределения семян гибрида второй фракции зубовидной кукурузы «КР 415» в рядок пневматическим высевальным аппаратом в составе станкового оборудования при условной скорости движения сеялки 2,47 м/с (8,9 км/ч)

Наименование показателя	Значение показателя
Объём выборки, шт.	998
Центр	
Среднеарифметическое, см	24,39
Медиана, см	21,00
Разброс	
Дисперсия (выборочная), см ²	318,33
Среднеквадратическое отклонение, см	17,84
Коэффициент вариации, %	73,16

На рисунке 33 приведены данные о числе интервалов между двумя, следующими одно за другим, семенами зубовидной кукурузы «КР 291» (вторая фракция) в ряду, в зависимости от расчетных расстояний между двумя следующими одно за другим, семенами зубовидной кукурузы «КР 291» (вторая фракция) в ряду при норме высева 5 шт./м пог. при условной скорости движения сеялки 2,47 м/с (8,9 км/ч).

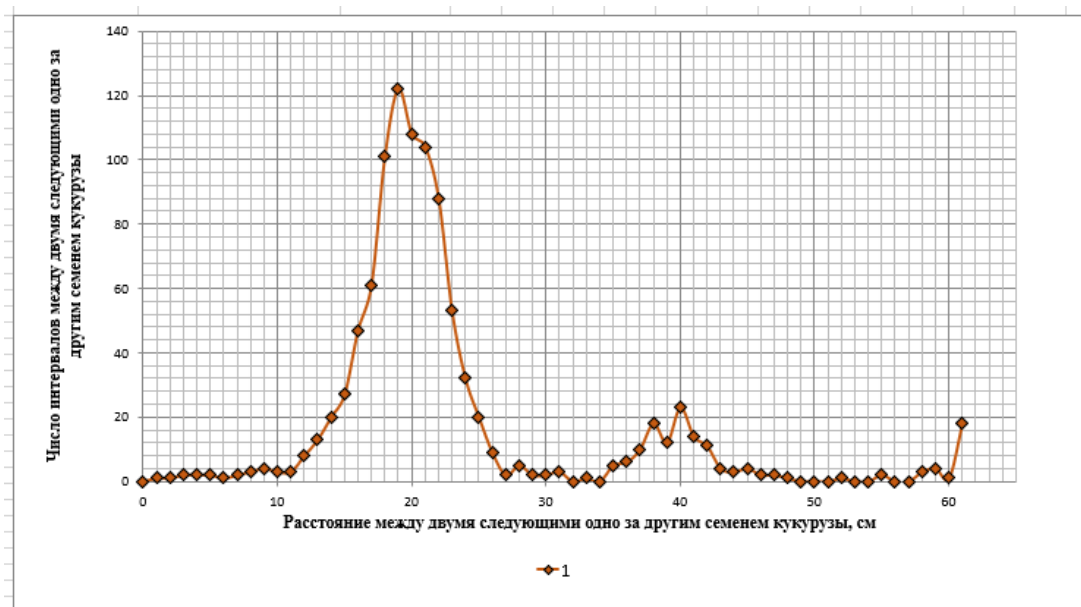


Рисунок 33 – Распределение в рядок второй фракции зубовидной кукурузы «КР 291» для скорости движения сеялки 2,47 м/с (8,9 км/ч)

Результаты статистической оценки распределения семян гибрида второй фракции зубовидной кукурузы «КР 291» в рядок пневматическим высе-

вающим аппаратом в составе стендового оборудования при условной скорости движения сеялки 2,47 м/с (8,9 км/ч) приведены в таблице 21.

Таблица 21 – Результаты статистической оценки распределения семян гибрида второй фракции зубовидной кукурузы «КР 291» в рядок пневматическим высевальным аппаратом в составе стендового оборудования при условной скорости движения сеялки 2,47 м/с (8,9 км/ч)

Наименование показателя	Значение показателя
Объём выборки, шт.	996
Центр	
Среднеарифметическое, см	23,49
Медиана, см	21,00
Разброс	
Дисперсия (выборочная), см ²	112,31
Среднеквадратическое отклонение, см	10,60
Коэффициент вариации, %	45,11

Распределение в рядок второй фракции зубовидной кукурузы «КР 194», «КР 415» и «КР 291» для условной скорости движения сеялки 2,47 м/с (8,9 км/ч) в сравнении со сферами-имитаторами семян при норме высева 5 шт./м пог. приведено на рисунке 34.

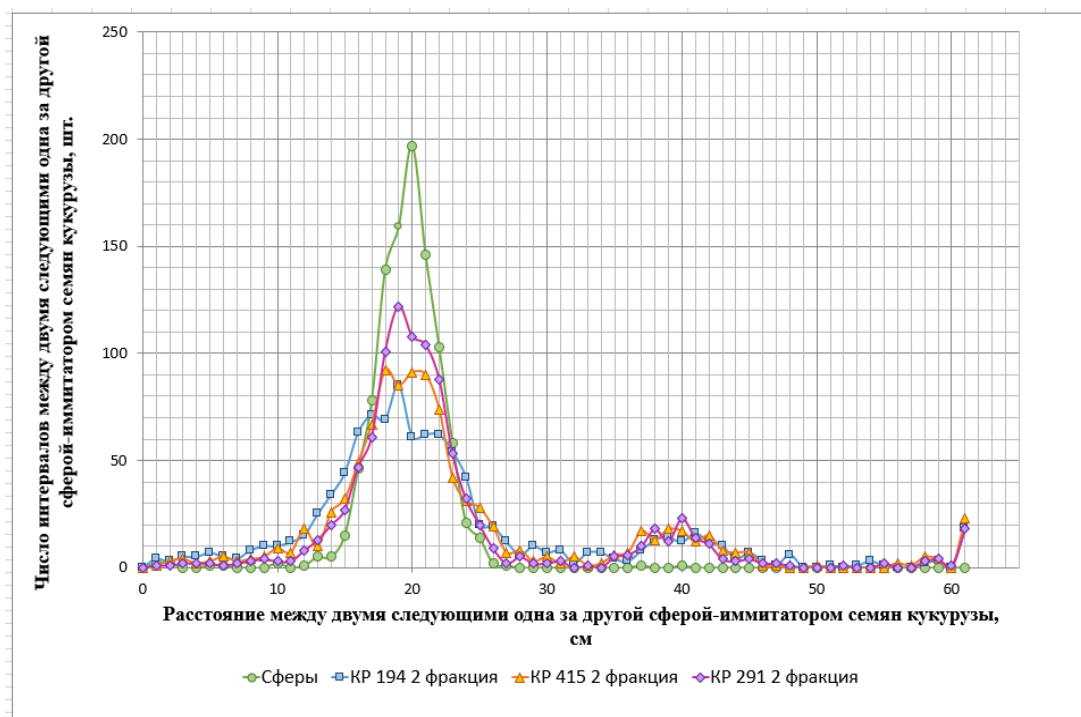


Рисунок 34 – Распределение в рядок второй фракции зубовидной кукурузы «КР 194», «КР 415» и «КР 291» для условной скорости движения сеялки 2,47 м/с (8,9 км/ч) в сравнении со сферами-имитаторами семян при норме высева 5 шт./м пог.

Результаты статистической оценки [48] распределения семян зубовидной кукурузы «КР 194» и «КР 415» и «КР 291» (вторая фракция) в рядок пневматическим высевальным аппаратом в составе стендового оборудования в сравнении с распределением сфер-имитаторов при условных скоростях движения сеялки 1,83 м/с (6,6 км/ч) и 2,47 м/с (8,9 км/ч) приведены в таблице 22.

Таблица 22 – Результаты статистической оценки распределения семян зубовидной кукурузы «КР 194» и «КР 415» и «КР 291» (вторая фракция) в рядок пневматическим высевальным аппаратом в составе стендового оборудования в сравнении с распределением сфер-имитаторов при условных скоростях движения сеялки 1,83 м/с (6,6 км/ч) и 2,47 м/с (8,9 км/ч)

Наименование показателя	Значение показателя							
	1,83 (6,6)				2,47 (8,9)			
Условная скорость движения сеялки, м/с (км/ч)	1,83 (6,6)				2,47 (8,9)			
Гибрид	«КР 194»	«КР 415»	«КР 291»	сферы-имитаторы	«КР 194»	«КР 415»	«КР 291»	сферы-имитаторы
Фракция семян	вторая							
Объем выборки, шт.	999	998	1000	1000	1000	998	996	1000
Центр								
Среднеарифметическое, см	21,21	21,68	21,83	20,09	23,30	24,39	23,49	20,07
Медиана, см	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	21,00	21,00	20,00
Разброс								
Дисперсия (выборочная), см ²	68,78	120,30	56,96	5,42	171,55	318,33	112,31	7,53
Среднеквадратическое отклонение, см	8,29	10,97	7,55	2,33	13,10	17,84	10,60	2,74
Коэффициент вариации, %	39,10	50,60	34,57	11,59	56,22	73,16	45,11	13,67

Вывод. Результаты проведенных исследований установлено, что показатели распределения семян в рядок высевальным аппаратом с нормой высева 5 шт./м погонный лучшие у гибрида зубовидной кукурузы «КР 291» (вторая фракция) как при условной скорости движения сеялки 1,83 м/с (6,6 км/ч), так и для 2,47 м/с (8,9 км/ч).

4.2.2 Лабораторные исследования по влиянию технологических режимов работы высевального аппарата на качество распределения дражированных семян гибридов сахарной свеклы

Реализация лабораторных исследований по влиянию технологических режимов работы высевального аппарата на качество распределения дражиро-

ванных семян гибридов сахарной свеклы осуществлялась с применением разработанного стендового оборудования [1], [3], [8], обеспечивающего моделирование режимов работы высевающего аппарата и получение информационных сведений о скорости движения сеялки и распределении числа семян в рядке.

В качестве объекта исследований в соответствии с постановкой проблемы установлена норма распределения дражированных семян свеклы в рядок 6 шт./м погонный для условных скоростей движения сеялки 8, 9 и 10 км/ч [44].

В сравнительных опытах использовались семена: гибриды нового поколения селекции «СоюзСемСвекла». Общий вид в упаковках дражированных семян сахарной свеклы гибридов «Вулкан», «РМС 121» и «Буря» (фракция 4,0-4,7 мм, калибр А) показан на рисунке 35.



а) - «Вулкан»

б) - «РМС 121»

в) - «Буря»

Рисунок 35 – Общий вид дражированных семян сахарной свеклы гибридов «Вулкан», «РМС 121» и «Буря» (фракция 4,0-4,7 мм, калибр А)

Основные показатели исследуемых дражированных семян гибридов сахарной свеклы приведены в таблице 23.

Таблица 23 – Основные показатели дражированных семян гибридов сахарной свеклы

Наименование показателя	Значение показателя по гибриду		
	«Вулкан»	«РМС 121»	«Буря»
Показатели урожайности:			
- потенциальная сахаристость, %	17,0	19,2	17,8
- потенциальная урожайность, т/га	95	78	88

В опытах определялась масса каждого из исследуемых дражированных семян сахарной свеклы на электронных весах (приложение А), с последующим вычетом веса стаканчиков (рисунок 36).



а) - «Вулкан»

б) - «РМС 121»

в) - «Буря»

Рисунок 36 – Взвешивание 1000 шт. дражированных семян гибридов сахарной свеклы (фракция 4,0-4,7 мм) на электронных весах

Масса (без учета тары) 1000 семян [46] гибрида «РМС 121» равнялась 14,24 г, семян гибрида «Вулкан» – 14,3 г и семян гибрида «Буря» – 17,92 г.

Лабораторные опыты проводились в соответствии с методикой (раздел 2 настоящего отчета) [40].

На рисунках 37-39 показано графическое распределение семян из трех повторностей опыта о числе интервалов между двумя следующими одно за другим дражированным семенем сахарной свеклы гибридов «РМС 121», «Вулкан» и «Буря» (фракцией 4,0-4,7 мм, калибром А) в рядок, в зависимости от расчетных расстояний между двумя следующими одно за другим семенем в рядок, см, при норме высева 6 шт./м пог. [44], [45] и условных скоростях движения сеялки 8, 9 и 10 км/ч.

Из графика (рисунок 37) видно, что теоретической норме распределения семян в рядок высевающим аппаратом соответствуют более 30 % исследуемых 1000 семян [46] в опыте. Немного лучшие показатели у семян гибрида «РМС 121».

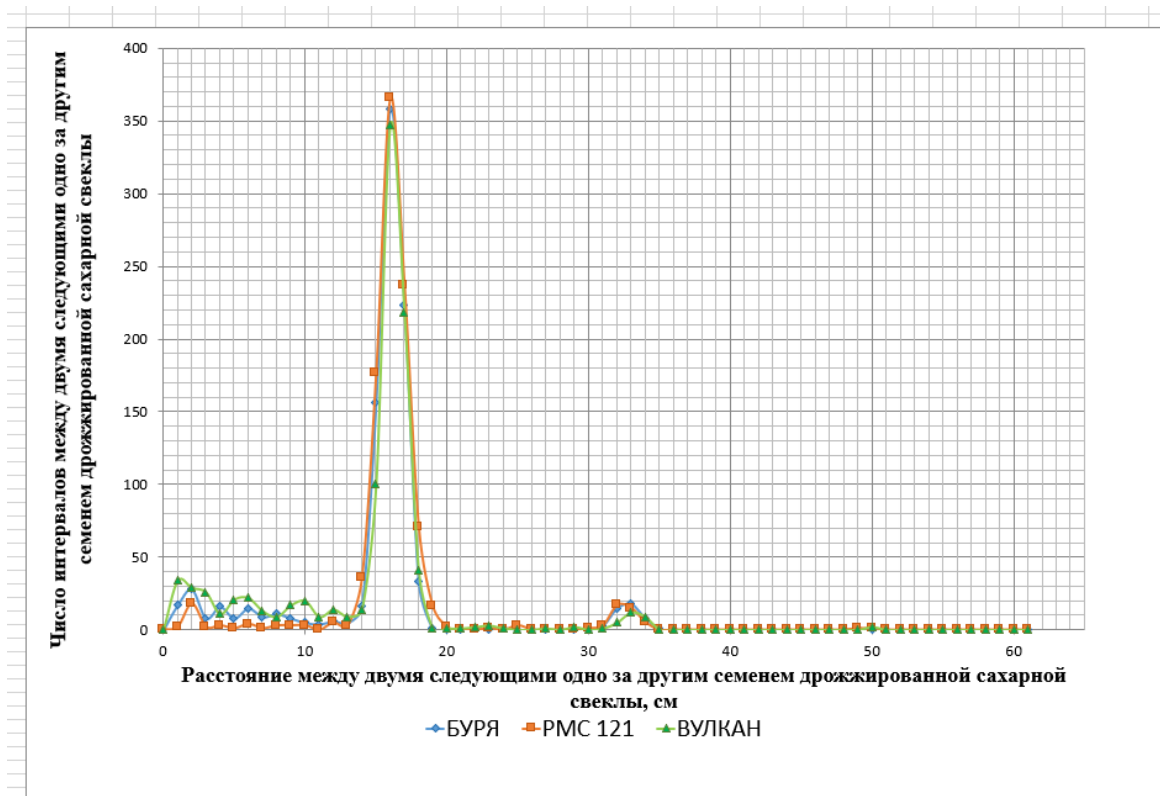


Рисунок 37 – Распределение в рядок дражированных семян сахарной свеклы гибридов «Буря», «РМС 121» и «Вулкан» (фракция 4,0-4,7 мм, калибр А) для условной скорости движения сеялки 8 км/ч при норме высева 6 шт./м пог.

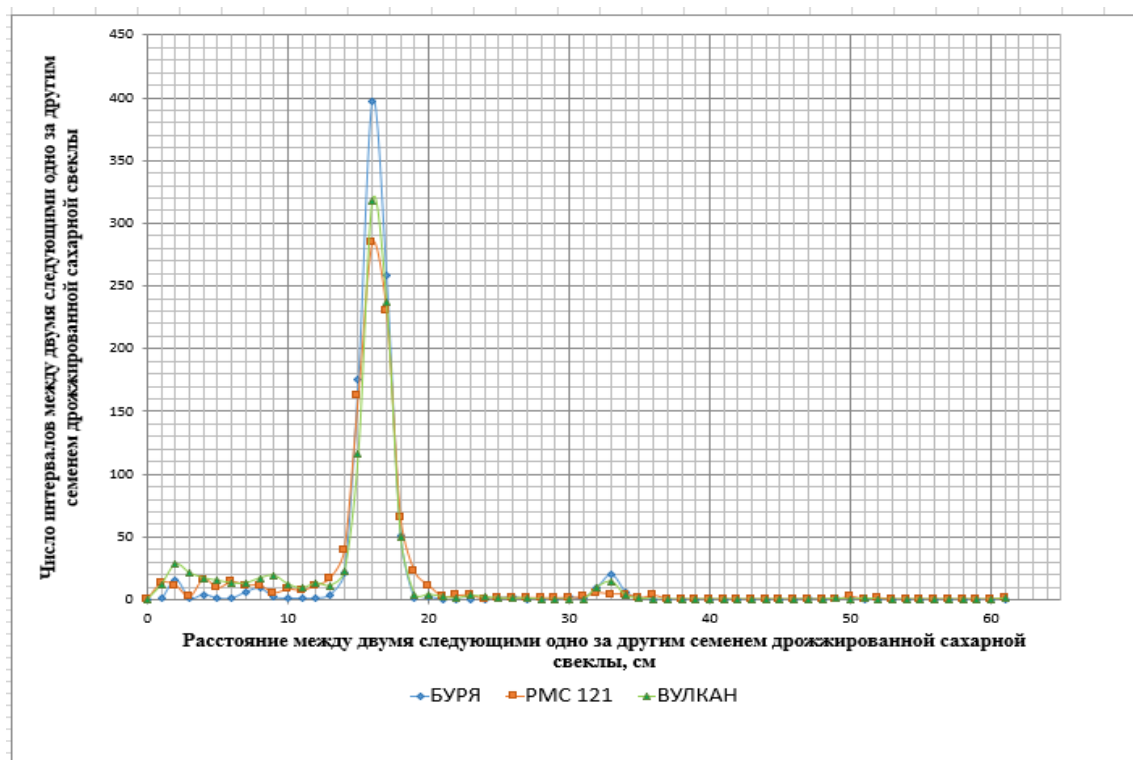


Рисунок 38 – Распределение в рядок дражированных семян сахарной свеклы гибридов «Буря», «РМС 121» и «Вулкан» (фракция 4,0-4,7 мм, калибр А) для условной скорости движения сеялки 9 км/ч при норме высева 5 шт./м пог.

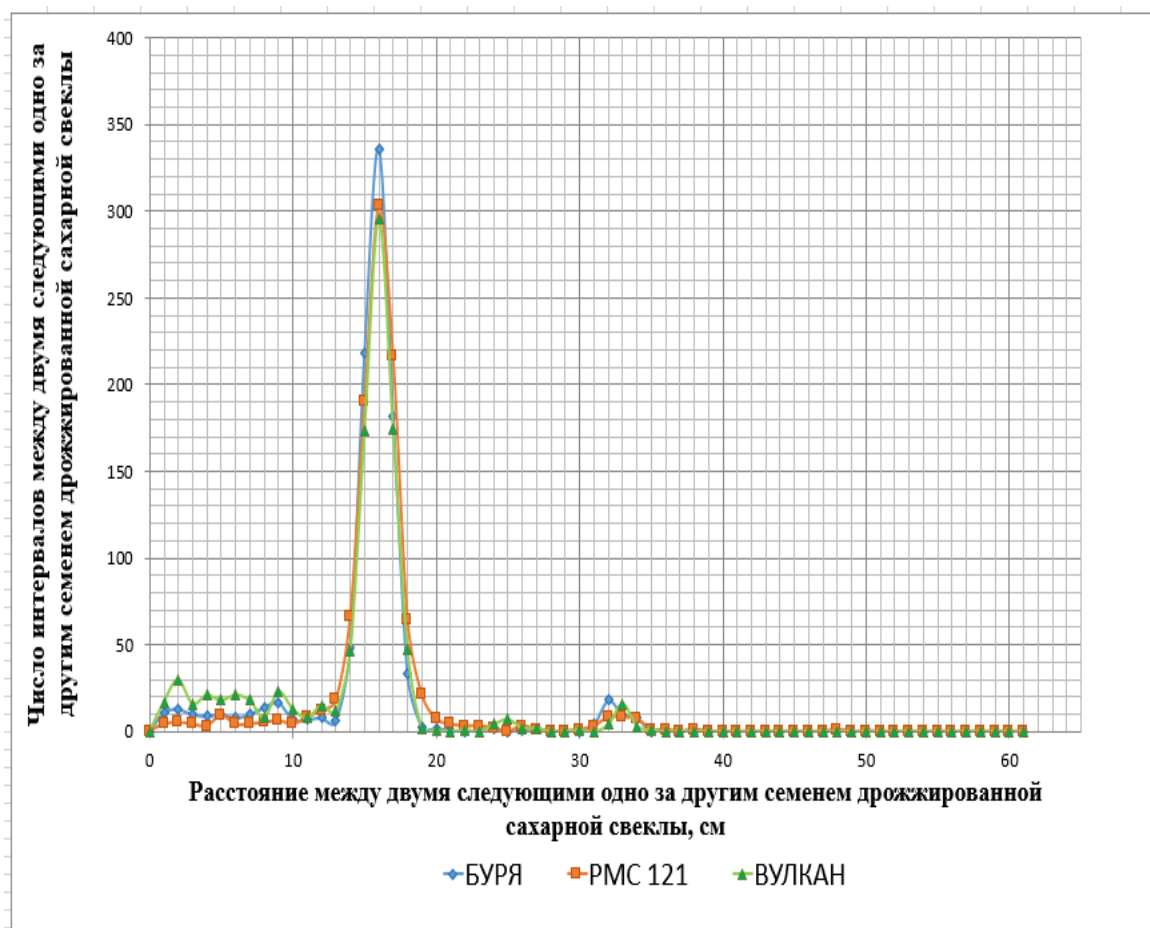


Рисунок 39 – Распределение в рядок дражированных семян сахарной свеклы гибридов «Буря», «РМС 121» и «Вулкан» (фракция 4,0-4,7 мм, калибр А) для условной скорости движения сеялки 10 км/ч при норме высева 6 шт./м пог.

Из данных рисунка 38 видно, что с увеличением условной скорости движения сеялки с 8 до 9 км/ч, наилучшие показатели, соответствующие норме при распределении семян в рядок у гибрида «Буря». При этом увеличивается и количество таких семян до 400 шт., а количество семян гибрида «РМС 121» снижается до 285 шт.

Наилучшие показатели по количеству распределения семян в рядок в соответствии с нормой высева для условной скорости движения сеялки 10 км/ч, как следует из графических данных (рисунок 39), распределяются между семенами гибридов «Буря», «Вулкан» и «РМС 121» соответственно.

Статистические показатели распределения дражированных семян сахарной свеклы гибридов «Буря», «Вулкан» и «РМС 121» для режима работы пневматического высевающего аппарата с нормой высева 6 шт./м и скоро-

стей движения сеялки фирмы Mater Mass (мод. 3XL) 8, 9 и 10 км/ч приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Статистические показатели распределения дражированных семян гибридов «Буря» «Вулкан» и «РМС 121» для режима работы пневматического высевающего аппарата с нормой высева 6 шт./м пог. и условных скоростей движения сеялки фирмы Mater Mass (мод. 3XL) 8, 9 и 10 км/ч

Наименование показателя	Значение показателя								
	8			9			10		
Условная скорость движения сеялки, км/час									
Гибрид	Буря	Вулкан	РМС 121	Буря	Вулкан	РМС 121	Буря	Вулкан	РМС 121
Объем выборки, шт.	975	995	1000	1000	993	985	1000	1000	1000
Центр									
Среднеарифметическое, см	15,84	14,85	16,91	16,90	15,38	16,06	15,96	14,88	16,59
Медиана, см	16,00	16,00	17,00	17,00	16,00	17,00	16,00	16,00	16,00
Разброс									
Дисперсия (выборочная), см ²	33,07	37,38	20,63	20,96	36,59	26,96	26,39	30,46	17,82
Среднеквадратическое отклонение, см	5,75	6,11	4,54	4,58	6,05	5,19	5,14	5,52	4,22
Коэффициент вариации, %	36,31	41,16	26,87	27,10	39,33	32,33	32,19	37,10	25,45

Из данных таблицы 24 следует, что объем выборки в целом характеризует качество единичной регистрации семян при режимах функционирования высевающего аппарата и ошибка не превышает 3 %. Среднеарифметические значения находятся в пределах от 14,85 до 16,91, а медиана от 16 до 17 с незначительным отклонением от центра. Среднеквадратические отклонения семян распределяются соответственно:

- при условной скорости движения сеялки 8 км/ч «РМС 121», «Буря», «Вулкан»;

- при условной скорости движения сеялки 9 км/ч, «Буря», «РМС 121», «Вулкан»;

- при условной скорости движения сеялки 10 км/ч, «РМС 121», «Буря», «Вулкан».

Коэффициент вариации, %:

- при условной скорости движения сеялки 8 км/ч «РМС 121», «Буря», «Вулкан»;

- при условной скорости движения сеялки 9 км/ч, «Буря», «РМС 121», «Вулкан»;

- при условной скорости движения сеялки 10 км/ч, «РМС 121», «Буря», «Вулкан».

Таким образом, семена гибрида «РМС 121» обладают лучшей технологической характеристикой для распределения высевающим аппаратом в рядок и получения максимальной урожайности.

Вывод. На современном испытательном оборудовании с применением закона больших чисел получены сравнительные показатели распределения дражированных семян гибридов «РМС 121», «Буря» и «Вулкан» высевающим аппаратом сеялки Mater Масс (мод. 3XL), которые могут быть использованы для совершенствования процесса дражирования семян, технологий производства растениеводческой продукции, а также при проведении исследований по определению урожайности сахарной свеклы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведения исследований в области влияния режимов работы высевающего аппарата на качество распределения семян пропашных культур с разными размерно-массовыми параметрами установлено, что возможно определение и выбор качественного распределения семян пропашных культур режимами работы высевающего аппарата, обеспечиваемое специализированным оборудованием при производстве растениеводческой продукции и при проведении исследований по определению урожайности сельскохозяйственных культур.

Проведенные экспериментальные исследования по распределению сфер-имитаторов семян, семян кукурузы и подсолнечника высевающим аппаратом в рядок для исследуемых условных скоростей движения сеялки 7,2 и 12,2 км/ч, показали, что:

- потребный расход воздуха в направляющей трубке, с увеличением нормы высева семян исследуемых культур, увеличивается;
- при большей длине трубки требуется и больший расход воздуха для обеспечения единичного нахождения в ней транспортируемых семян подсолнечника и кукурузы;
- различный потребный расход воздуха в направляющей трубке зависит от массы, размера и формы семян исследуемых культур. Например, для семян подсолнечника и кукурузы при норме высева 5 шт./м пог. расход воздуха в направляющей трубке составляет 17,78 и 25,99 м³/ч соответственно;
- полученные данные результатов исследований в табличной и графической формах численно и наглядно отражают технологический процесс достоверного нормального распределения семян в рядок высевающим аппаратом.

В ходе выполнения НИР по разработанной методике проведены лабораторные опыты с семенами зубовидной кукурузы гибридов «Краснодарский 194» (первая и вторая фракции) («КР 194»), «Краснодарский 415» (первая и вторая фракции) («КР 415») и «Краснодарский 291» (вторая фракция)

(«КР 291») на стендовом оборудовании с установленным пневматическим высевающим аппаратом сеялки фирмы Mater Mass (мод. 3XL). В качестве объекта исследований был выбран заданный интервал между семенами при норме высева 5 шт./м пог. для условных скоростей движения сеялки 6,6 и 8,9 км/ч.

Также на стендовом оборудовании была проведена сравнительная оценка дражированных семян сахарной свеклы «СоюзСемСвекла» гибридов: «Вулкан», «РМС 121» и «Буря» (фракция 4,0-4,7 мм, калибр А). В качестве объекта исследований была установлена норма распределения семян дражированной свеклы в рядок 6 шт./м погонный для условных скоростей движения сеялки 8, 9 и 10 км/ч.

Для получения информационных данных и их сохранения в формате *.WAV использовалась программа «Audacity» и программа для анализа полученных данных «PТC Mathcad Prime». Для расчета статистических данных использовалась разработанная в КубНИИТиМ программа «Элементарный анализ данных».

Результатами проведенных лабораторных исследований установлено, что:

- лучшие показатели по значению коэффициента вариации у зубовидной кукурузы «КР 415» (первая фракция) при условных скоростях движения сеялки 1,83 м/с (6,6 км/ч) и 2,47 м/с (8,9 км/ч). При увеличении скорости сеялки в 1,35 раза коэффициент вариации увеличивается в 1,5 раза, значение которого для получения максимальной урожайности должно быть менее 30 %;

- показатели распределения семян в рядок высевающим аппаратом с нормой высева 5 шт./м пог. лучшие у гибрида зубовидной кукурузы «КР 291» (вторая фракция) как при условной скорости движения сеялки 1,83 м/с (6,6 км/ч), так и для 2,47 м/с (8,9 км/ч);

- дражированные семена сахарной свеклы гибрида «РМС 121» обладают лучшей технологической характеристикой для распределения высевающим аппаратом в рядок и получения максимальной урожайности.

Таким образом, выбор качественных семян для посева и их рационального распределения в рядок режимами работы высевающего аппарата возможен с применением закона больших чисел, регистрацией большого числа высеваемых семян с разными массовыми параметрами в количестве до 1000 шт. на специализированном оборудовании с построением нормального их графического распределения с точечной оценкой среднего квадратического отклонения от среднего количества семян в опыте.

Полученные результаты будут способствовать совершенствованию технологии распределения семян пропашных культур высевающим аппаратом точного высева во исполнение Постановления Правительства Российской Федерации от 1 августа 2016 г. № 740 «Об определении функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Киреев И.М., Коваль З.М., Зимин Ф.А. Распределение семян подсолнечника в рядок в зависимости от скоростных режимов работы пневматического высевающего аппарата // Техника и оборудование для села. – 2021. – № 8. – С. 14–17.

2 Киреев, И.М., Коваль, З.М., Зимин Ф.А. Обеспечение режимов работы высевающего аппарата специализированным оборудованием // Тракторы и сельхозмашины. – М. – ISSN 0235–8573. 2021. – № 4. – С. 6–12.

3 Киреев И.М., Коваль З.М. Распределение семян кукурузы и подсолнечника пневматическим высевающим аппаратом для скоростных движений сеялки // Агрофорум. – 2021. – № 4. – С.60–63.

4 Киреев И.М., Коваль З.М. Сравнительные показатели высева дражированных сахарной свеклы в рядок пневматическим высевающим аппаратом // Агрофорум. – 2021. – № 6. – С.66–68.

5 Киреев И.М., Коваль З.М., Зимин Ф.А. Специализированное оборудование для обеспечения и контроля режимов работы высевающего аппарата // От импортозамещения к экспортному потенциалу: научно-инновационное обеспечение разработки и внедрения ресурсосберегающих технологий, технических средств и цифровой платформы АПК: сборник материалов международной научно-практической конференции «От импортозамещения к экспортному потенциалу: научно-инновационное обеспечение АПК» (25–26 февраля 2021 г.) / Науч. ред. О. Г. Лоретц, М. Ю. Карпухин. – Екатеринбург: Издательство Уральского ГАУ, 2021. – С. 84–88.

6 Киреев И.М., Коваль З.М., Зимин Ф.А. Распределение семян кукурузы пневматическим высевающим аппаратом для различных скоростей движения сеялки // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: (матер. XIII Международной науч.-практ. интернет-конф. ИнформАгро-2021). – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. – С. 132–139.

7 Киреев И.М., Коваль З.М., Зимин Ф.А. Сравнительные показатели

распределения гибридов кукурузы в рядок пневматическим высевальным аппаратом / «Информационные технологии, системы и приборы в АПК»: материалы 8-й Международной научно-практической конференции «АГРОИНФО- 2021» (Новосибирская обл., р.п. Краснообск. 21–23 октября 2021 г.) Сибирский физико-технический институт аграрных проблем, – Новосибирская обл., р.п. Краснообск. Академиздат, 2021. – С. 271–277.

8 Патент на полезную модель № 202622 Акустический датчик числа семян. Авторы: Киреев И.М., Коваль З.М., Зимин Ф.А., Новиков В.И. Заявка № 2020125139. Дата подачи заявки 21.07.2020.

9 Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденная Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2016, № 49, ст. 6887).

10 Кошурников А.Ф. Пунктирный посев пропашных культур и формирование густоты насаждений: монография / А.Ф. Кошурников; М-во с.-х. РФ, федеральное гос. бюджетное образов. учреждение высшего. образов. «Пермская гос. с.-х. акад. им. акад. Д.Н. Прянишникова». – Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2015. – 218 с.

11 ГОСТ Р 52325-2005. Семена сельскохозяйственных культур. Сортвые и посевные качества. Общие технические условия. (с Поправкой). М.: Стандартинформ, 2005. – 19 с.

12. Зенин Л.С. К теории точного посева/ //Вестник сельскохозяйственной науки. – Алма-Ата, 1962. – С. 62–84.

13 Зенин Л.С., Прохоров В.А., Бухтояров Д.И., Россохин М.А. Воздействие рабочих органов сеялки на полевую всхожесть семян // Сахарная свекла. – 1987. – № 4. – С. 20–22.

14 Зенин Л.С., Прохоров В.А., Василенко В.В. и др. Повышение равномерности размещения растений // Сахарная свекла. – 1987. – Я 5. – С. 26–28.

15 Бузенков Г.Н. Машины для посева сельхоз. культур. – М.: Машиностроение, 1976. – 272 с.

16 Лурье А.Б. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. – Л.: Колос, 1983. – 383 с.

17 Система машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства на 1988 – 1995 г. Часть 1 Растениеводство – М.: Госагропромком, 1988. – 859 с.

18 Гриценко В.В., Калошина З.М. Семеноведение полевых культур: учебники и учебные пособия для студентов с.-х. вузов – 2 изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1976. – 256 с.

19 Зенин Л.С. Точный высев сахарной свеклы / Л.С. Зенин // Сахарная свекла. – М., 2007. – № 4. – С. 14–21.

20 Интенсивная технология производства кукурузы / Сост. Н.В. Тудель. – М.: Росагропромиздат, 1991. – 272 с.

21 Интенсивная технология сахарной свеклы / Пер. с нем. А.Т. Доктора; под общ. ред. В.А. Петрова. – М.: Агропромиздат, 1987. – 320 с.

22 Прокофьев В.Н., Степанов В.Н., Гоганов А.В., Федюнькин Д.Ф., Юдкин Ф.М., Бурмистров А.С., Семенов В.М., Пенкин М.А. Основы сельского хозяйства: учебники и учебные пособия для сельскохозяйственных техникумов / В.Н. Прокофьев, В.Н. Степанов, А.В. Гоганов, Д.Ф. Федюнькин, Ф.М. Юдкин, А.С. Бурмистров, В.М. Семенов, М.А. Пенкин; под общ. ред. В.Н. Степанова. – М.: Сельхозиздат, 1962. – 559 с.

23 Сахарная свекла: основы агротехники. – Киев: Урожай, 1972. – 507 с.

24 Якушев, В.П. На пути к точному земледелию / В.П. Якушев // ПИЯФ РАН, СПб, 2002. – С. 430–450.

25 Василенко С.В. Влияние размещения растений в рядке на урожайность сахарной свеклы // Совершенствование технологий и технических средств производства продукции растениеводства и животноводства: Сб. науч. тр. ВГАУ. Воронеж, 1998. – С. 24–29.

26 Василенко В.В. Влияние полевой всхожести семян на равномерность распределения растений при пунктирном посеве // Механизация сельскохозяйственного производства. Записки Воронежского СХИ. – 1972. – Т.53.

– С. 43–51.

27 Василенко В.В. Оценка точности пунктирного высева // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1974. – № 9. – С. 38–39.

28 Василенко В.В. Распределение семян и растений сахарной свеклы при пунктирном высеве // Техника в сельском хозяйстве. – 1999. – № 1. – С. 6–9.

29 Василенко С.В. Влияние размещения растений в рядке на урожайность сахарной свеклы // Совершенствование технологий и технических средств производства продукции растениеводства и животноводства: Сб. науч. тр. ВГАУ. Воронеж, 1998. – С. 24–29.

30 Рылякин Е.Г., Семов И.Н. Влияние равномерности расположения сельскохозяйственных культур на их урожайность // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 2. Ч. 2 [Электронный ресурс]. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2015/02/47239> (дата обращения: 20.10.2021).

31 Качество семян – залог будущего урожая А.А. Коваленко. 2016 [Электронный ресурс]. URL: <https://rosselhocenter.com/stati-6/7424-kachestvo-semyan-zalog-budushchego-urozhay> (дата обращения: 20.10.2021).

32 Технология возделывания безрассадных томатов / В.Л. Ершова, В.В. Высоцкий, В.П. Чичкин и др. // Промышленная технология возделывания овощных культур. – Кишинев: ШТИИИИЦА, 1977. – С. 90–102.

33 Рылякин Е.Г. Результаты исследований применения технологии и оборудования для приготовления плющенного зерна в Пензенской области [Электронный ресурс] / Е.Г. Рылякин, И.Н. Семов / Инженерный вестник Дона: электронный научный журнал. №4, 2014. URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_4_Ryliakin.pdf_6d18a723f6.pdf (дата обращения 18.10.2021).

34 Рылякин Е.Г. Развитие современных технических средств в технологии приготовления плющенного зерна / Е.Г. Рылякин // Инженерный вестник Дона: электронный научный журнал. №4, 2013. URL: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2027> (дата обращения 06.10.2021).

35 Киреев И.М., Коваль З.М. Исследование распределения семян пневматическим высевальным аппаратом точного посева // Техника и оборудование для села. – 2019. – № 6. – С. 12–18.

36 Киреев И.М., Коваль З.М. Результаты испытаний высевального аппарата точного распределения семян кукурузы в рядок // АгроФорум. – № 2. – 2019. – С. 27–29.

37 Киреев И.М., Коваль З.М. Результаты распределения дражированных семян сахарной свеклы в рядок высевальным 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.

38 Киреев И.М., Коваль З.М., Зимин Ф.А. Новые метод и средства контроля качества работы пневматических высевальных аппаратов точного посева семян // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 1. – С. 24–27.

39 Киреев И.М., Коваль З.М. Результаты испытаний высевального аппарата точного распределения семян кукурузы в рядок // АгроФорум. – № 2. – 2019. – С. 27–29.

40 Киреев И.М., Коваль З.М. Сравнительные распределения проростков растений кукурузы в рядке, семян и сфер их имитаторов в рядок высевальным аппаратом // Материалы докл. представл. на 10-ю Международной науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов и опублик. в журнале «Инновации в сельском хозяйстве». – М.: ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. 4 (33), – 2019. – С. 3–12.

41 Киреев И.М., Коваль З.М., Зимин Ф.А. Сравнительные показатели распределения дражированных и недражированных семян сахарной свеклы высевальным аппаратом // АгроФорум. – 2020. – № 4. – С. 54–55.

42 Киреев И.М., Коваль З.М., Зимин Ф.А. Оценка режимов работы пневматического аппарата по посеву семян кукурузы в рядок // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: (матер. XII Международной науч.-практ. интернет-конф. ИнформАгро-2020). – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – С. 463–468.

43 Киреев И.М., Коваль З.М. Больше число – выше урожайность // Агрофорум. – 2020. – № 11. – С. 36–38.

44 ГОСТ 31345–2017 Техника сельскохозяйственная. Сеялки тракторные. Методы испытаний. – М.: Межгосударственный стандарт: Изд-во стандартов, 2018. – 57 с.

45 Альтшуль, А.Д., Киселев, П.Г. Гидравлика и аэродинамика (Основы механики жидкости): учебники и учебные пособия для студентов технических вузов. – М.: – 2 – е изд., перераб. и доп. М., Стройиздат, 1975. – 323 с.

46 ГОСТ 22617.4-91 Семена свеклы. Методы определения массы 1000 семян и массы одной посевной единицы. – М.: Межгосударственный стандарт: Изд-во стандартов, 2018. – 7 с.

47 РОСАГРОТРЕЙД. Мы производим семена: каталог. Краснодар., 2019. – 46 с.

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

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

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

51 Колмогоров А.Н. Основные понятия теории вероятностей. Главная редакция физико-математической литературы. – М.: изд-во Наука, 1974. – 120 с.

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

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

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

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

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Средства измерений, применяемые при испытаниях

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 [52]	До 16.12.2021
Влажность воздуха	Психрометр МВ-4М № 2729 ТУ 25-1607054-85	До 07.10.2022
Геометрические измерения	Линейка металлическая МЦ 0000000826 L=0,3 м ГОСТ 427-75 [53]	До 08.07.2022
	Штангенциркуль ЩЦ- III №865162 ГОСТ 116-89 [54]	До 07.06.2022
Время	Секундомер СОС пр. 26, № 7702, ТУ 1819.021-90	До 21.05.2022
Масса	Весы лабораторные SCL 300 (300 г)	До 22.06.2022
Потребляемый ток	Комбинированный прибор Ц 4340, № 32847, ГОСТ 10374-74 [38]	До 22.11.2022
Частота вращения	Тахометр ТЧ 10-Р ГОСТ 21339-82 [55]	До 18.06.2022