

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**


**ФГБОУ ВО ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ИМПЕРАТОРА ПЕТРА I**

АГРОИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

**КАФЕДРА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН, ТРАКТОРОВ И
АВТОМОБИЛЕЙ**

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой




В.И. Орбинский

«10» _____ 2020 г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

Тема: «Совершенствование загущенного посева семян сахарной свёклы».

Автор выпускной
квалификационной работы



(подпись)

Ю.И. Солдатов

Руководитель выпускной
квалификационной работы



(подпись)

К.Р. Казаров

Воронеж 2020

ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ

Кафедра сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей

«16» 06

«Утверждаю»
2020 г.

Факультет агроинженерный

Специальность/ направление (профиль) _____

Зав. кафедрой
Оробинский В.И.

направление 35.04.06. Агроинженерия профиль «Технологии и средства механизация сельского хозяйства»

«ва»

ЗАДАНИЕ

на магистерскую диссертацию
(дипломный проект (работу), бакалаврскую работу, магистерскую диссертацию)
обучающегося Солдатов Юрия Игоревича
(Фамилия, Имя, Отчество)

1. Тема проекта (работы): «Совершенствование загущенного посева семян сахарной свёклы»

утверждена приказом по университету от « 13 » апреля 2020 г. № 3-348

2. Срок сдачи студентом законченного проекта (работы) 29.05.2020

3. Исходные данные к проекту (работе): Технологии возделывания сахарной свёклы: комплекс машин для посева семян, специальная техническая литература и патентная информация по вопросам возделывания сахарной свёклы. журналы и сборники научных трудов по результатам исследований возделывания сахарной свёклы по схеме 45x15 см.

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов):

1. Введение; 2. Современные технологии возделывания сахарной свёклы; 3. Обзор машин для посева сахарной свёклы; 4. Комплекс машин для возделывания сахарной свёклы по схеме 45x15 см; 5. Методика проведения лабораторных и программных исследований; 6. Результаты и анализ лабораторных и компьютерных исследований; 7. Заключение; 8. Список используемых источников.

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Титульный лист; 2. Актуальность темы исследования; 3. Степень разработанности темы; 4. Цель и задачи выпускной магистерской диссертации; 5. Делитель потока на сеялку ССТ-12Б; 6. Современные технологии возделывания сахарной свёклы. Анализ рынка.; 7. Современные технологии возделывания маточной сахарной свёклы. Обзор методик.; 8. Современные технологии возделывания сахарной свёклы. Схема посадки 45x15 см; 9. Обзор машин для посева сахарной свёклы; 10. Комплекс машин для возделывания сахарной свёклы по схеме 45x15 см; 11. Методика проведения лабораторных исследований; 12. Методика проведения программных исследований; 13. Результаты и анализ лабораторных и компьютерных исследований; 14. Заключение

6. Консультанты по проекту (работе) (с указанием относящихся к ним разделов проекта)

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		задание выдал	задание принял
-	-	-	-
-	-	-	-

7. Дата выдачи задания 14 декабря 2019 г.

Руководитель _____ (К.Р. Казаров, профессор кафедры СХМ, Т и А)

Задание принял к исполнению _____ (Ю.И. Солдатов)

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов проекта (работы)	Срок выполнения этапов проекта (работы)	Примечание
1.	Введение	14.12.2019	
2.	Общие сведения о современных технологиях возделывания сахарной свёклы	21.12.2019	
3.	Изучение машин для посева сахарной свёклы,	23.01.2020	
4.	Теоретические исследования работы делителя потока на сеялку ССТ-12Б	18.02.2020	
5.	Программа и методика экспериментальных исследований	28.02.2020	
6.	Лабораторные исследования по работе делителя потока на сеялку ССТ-12Б	10.03.2020	
7.	Результаты экспериментальных исследований	11.04.2020	
8.	Расчет экономической эффективности	29.04.2020	
9.	Заключение	14.05.2020	
10.	Проверка ВКР на оригинальность	04.06.2020	
11.	Ознакомление с отзывом руководителя	05.06.2020	

Обучающийся  (Ю.И. Солдатов)

Руководитель проекта (работы)  (К.Р. Казаров, профессор кафедры СХМ, Т и А)

АННОТАЦИЯ

В данной магистерской диссертации был проведён обзор и анализ схем загущенного посева семян сахарной свёклы. Проведены теоретические исследования, по установлению зависимости урожайности сахарной свёклы от схемы посева. Проведены лабораторные исследования по посеву семян сахарной свёклы с шириной междурядья. По полученным результатам была установлена возможность посева с шириной междурядья 15 см одним высевающим аппаратом сеялки ССТ-12Б. В конце исследования была установлена целесообразность схемы загущенного посева семян сахарной свёклы 45х15 см.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ	6
1.1. Современное состояние свекловодства в Центрально-Чернозёмном регионе.....	6
1.2. Почвенно-климатические условия ЦЧР.....	9
1.3. Особенности агротехники сахарной свёклы.....	10
1.4. Особенности агротехники семенников	15
1.5. Высадочный способ выращивания.....	18
1.6. Безвысадочный способ.....	21
1.7. Высадочный способ выращивания методом штеклингов.....	23
2. ОБЗОР МАШИН ДЛЯ ПОСЕВА САХАРНОЙ СВЁКЛЫ.....	24
2.1. Анализ сеялок для посева сахарной свёклы	24
2.2. Пневматические сеялки точного высева.....	26
Сеялка точного высева MS8230 от MaterMacc	26
Высокоскоростная сеялка Tempo R 12-18 от Väderstad	27
Сеялка точного высева Optima от Kverneland	29
Высокоскоростная сеялка точного высева Maestro RX от Horsch.....	31
Сеялка точного высева Amazone Precea 4500-2C Super.....	32
2.3. Механические сеялки точного высева	34
Сеялка точного высева Monopill SE от Kverneland	34
Matrix 1800 от Grimme.....	36
2.4. Зарубежные сеялки загущенного посева	39
Прицепная сеялка 3XL TWIN от MaterMacc.....	39
Сеялка Azurit 9/8.75 K D от Lemken.....	41
3. КОМПЛЕКС МАШИН ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ ПО СХЕМЕ 45x15 СМ.....	43
3.1. Посевные машины.....	43

Механическая сеялка точного высева на базе ССТ-12Б	43
Делитель потока на сеялку ССТ – 12Б.....	45
Высевающий аппарат с пневматическим приводом	48
3.2. Машины для ухода за посевами сахарной свёклы.....	49
Машина для ухода за посевами с механическим листоподъёмником.....	50
Машина для ухода за посевами свёклы с пневматическим листоподъёмником.....	52
3.3. Машина для уборки сахарной свёклы по схеме 45x15 см	55
4. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРОГРАММНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	58
4.1. Методика определения схемы посева маточной сахарной свёклы	58
4.2. Методика определения допустимой скорости вращения высевающего аппарата по показателю заполняемости ячеек высевающего диска.....	61
4.3. Методика проведения исследования распределения семян на липкой ленте	64
4.4. Математическая формулировка задачи и построение алгоритма в системе MathCAD.....	73
5. РЕЗУЛЬТАТЫ И АНАЛИЗ ЛАБОРАТОРНЫХ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	80
5.1. Анализ результатов эксперимента по распределению семян в рядке .	80
5.2. Анализ результатов эксперимента с помощью программы математического моделирования R.....	87
5.3. Анализ программных вычислений	92
5.4. Экономическое обоснование схемы посева 45x15 см	96
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	101
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	103
ПРИЛОЖЕНИЯ	116

ВВЕДЕНИЕ

В Российской Федерации корнеплоды сахарной свёклы являются главным и единственным сырьём для производства сахара. После переработки одного центнера выходит 12... 16 кг сахара, примерно 90 кг жома и 4... 6 кг патоки [75]. В то же время, сахарная свёкла является одной из самых высокозатратных культур сельского хозяйства. Достичь высокой урожайности невозможно без использования качественных семян.

К сожалению, производство семян в нашей стране находится на низком уровне по качеству и по количеству, и не может в полной мере обеспечить запросы всех свекловодческих хозяйств. Поэтому отечественным свекловодам приходится довольствоваться семенами зарубежных производителей, что сильно повышает себестоимость сахарной свёклы. Для вывода свекловодства из кризиса и его дальнейшего развития, необходимо обеспечить сельхозпредприятия высококачественными и конкурентоспособными семенами.

Но в настоящее время мы наблюдаем тенденцию снижения (ВНИИСС), а то и полное прекращение производства семян сахарной свёклы. В результате наша страна импортирует около двух третей от требуемого количества продукта. Причём по качеству импортные семена не имеют преимуществ перед отечественными, а стоимость в 3-5 раз выше [89].

В связи с этим важное народнохозяйственное значение имеет поиск путей увеличения объёма производства с целью удовлетворения потребностей свекловодства в высококачественных семенах сахарной свёклы.

Исходя из вышеизложенного в ВКР рассмотрена технология ленточного посева семян сахарной свёклы по схеме 45x15 см и предложена конструкция делителя потока реализующего данную схему посева. Внедрение в практику данной схемы способствует получению высокого экономического эффекта как в производстве семян, так и непосредственно в производстве корнеплодов.

1. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ

1.1. Современное состояние свекловодства в Центрально-Чернозёмном регионе

Как уже упоминалось, сахарная свёкла – это одна из самых урожайных и, в то же время одна из самых высокозатратных культур в сельском хозяйстве нашей страны. Культура способна достигать урожайности до 70-80 т/га, а выход сахара может достигать до 10 т/га [41], но лишь при необходимых климатических, почвенных, погодных условиях, при соответствующем количестве солнечных лучей и правильной агротехнике [63].

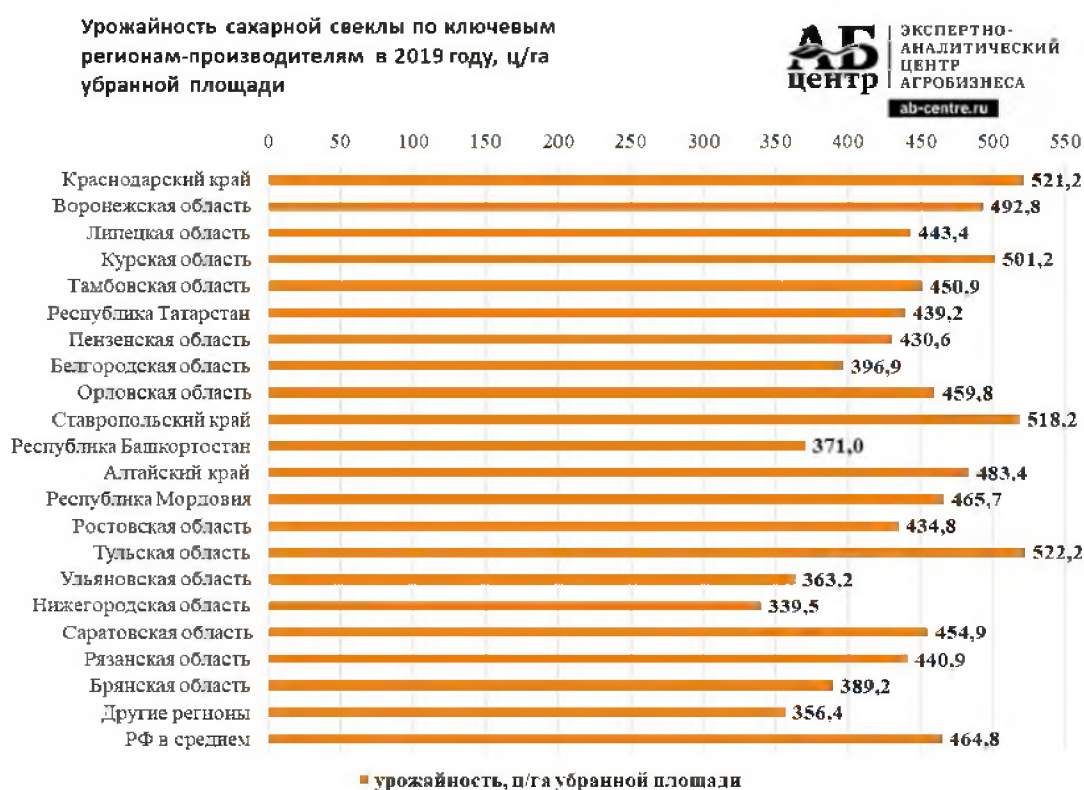


Рисунок 1.1 - Диаграмма урожайности сахарной свёклы в РФ за 2019 г.

В 2019 году, средняя урожайность сахарной свёклы в Российской Федерации составляла 464,8 ц/га уборной площади, что на 22,1% (на 84,2 ц/га) больше, чем годом ранее. За 5 лет урожайность сахарной свеклы выросла на 25,6% (на 94,7 ц/га), за 10 лет - на 43,8% (на 141,6 ц/га). По отношению к 2001 году, она выросла на 133,7% (на 265,9 ц/га). В Воронежской области этот

показатель составляет 493,8 ц/га (5 место), а валовый сбор – 6 390,9 тыс. тонн (2 место) [80].

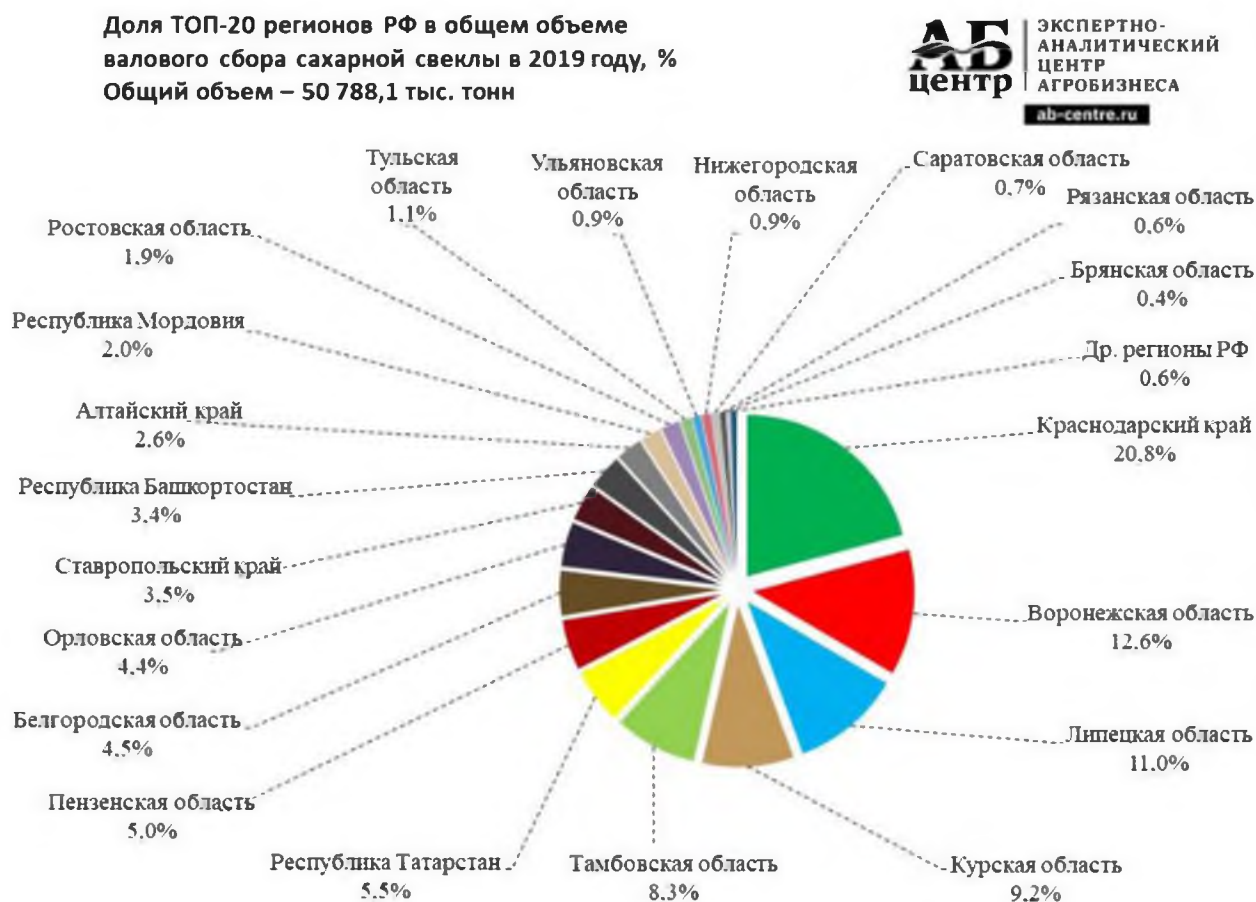


Рисунок 1.2 - Диаграмма валового сбора корнеплодов сахарной свёклы в РФ на 2019 г.

Существенное влияние на урожайность корнеплодов, по данным зарубежных и отечественных учёных, оказывают такие факторы как место выращивания (17%), сорт или гибрид (14%), густота стояния (10%), метеоусловия года (34%), удобрения (11%), сроки посева (5%) и сроки уборки (9%) [79].

Значительно повысить урожайность сахарной свёклы помогает использование инновационных технологий. Применение современной почвообрабатывающей и свеклоуборочной техники при борьбе с сорной растительностью и формировании густоты насаждения, помогает исключить применение ручного труда в производстве до 70% [79].

Чтобы повысить рентабельность производства культуры есть два основных пути: снижение затрат при производстве сахарной свёклы и повышение её урожайности. Для реализации первого пути необходимо широкое применение ресурсосберегающих технологий, позволяющих снизить затраты на 20-25 %.

В настоящее время структура инновационной технологии производства сахарной свёклы реализуется по следующей схеме:

- Адаптация технологий и технических средств для возделывания культуры с привязкой к определённым почвенно-климатическим условиям.
- Использование семенного материала высокого генетического потенциала продуктивности и приспособленного к условиям произрастания.
- Внесение комплекса органических и минеральных удобрений с сбалансированным содержанием микро- и макроэлементов.
- Модернизация высевальных аппаратов сеялок для точного посева семян сахарной свёклы как дражированных, так и недражированных.
- Прецизионное внесение пестицидов в зависимости от засорённости полей и заражённости культуры болезнями и вредителями.
- Оптимизация сроков уборки культуры.

Проверка на производстве показала, что элементы данной технологии адаптированы к почвенно-климатическим условиям Центрально-Чернозёмного региона, что позволяет помимо повышения продуктивности производства уменьшить негативные экологические последствия для окружающей среды [79].

1.2. Почвенно-климатические условия ЦЧР

Расположение на отдалённом расстоянии от океанов и морей обуславливает умеренно-континентальный климат региона, спецификой которого является умеренно-холодная зима с устойчивым снежным покровом, сухое и жаркое лето и хорошо выраженные сезоны года [5, 79].

В течение летнего периода температура остаётся почти неизменной и в среднем составляет 20 °С. Теплый период начинается в среднем в первой декаде апреля, однако, возможно и более раннее наступление.

Среднегодовое количество осадков на территории региона колеблется от 420 до 570 мм. В летнем периоде, особенно в июне, среднее число осадков составляет 60..85 мм, что значительно выше, чем в другие месяцы [5].

Согласно исследованиям С.И. Полевщикова [74], влияние атмосферных осадков является пропорционально урожайности сахарной свёклы. Чтобы получить тонну продукции, корнеплоды свёклы расходуют с удобрениями 12 мм почвенной влаги, а без – 17 мм. Причём основная часть влаги (60-70%) расходуется в начале вегетационного периода.

Изучение метеоусловий (осадков, температуры воздуха), при которых формируется наибольший урожай, имеет колоссальное значение, т.к. зная их, возможно выбрать более оптимальные сроки посева.

Из практикуемых в Центральном Черноземье культур, сахарная свёкла наиболее чувствительна к севообороту [79], т.к. неудовлетворительные предшественники могут значительно снизить урожайность свёклы, причём оказывает влияние и предпредшественник. Не приемлет также культура и повторных посевов. Оптимально осуществлять пересменку культур в течение 3-4 лет. Это связано со спецификой вредителей (свекловичная нематода, корневая тля и др.), а также невозможностью за меньший срок возобновить почвенные запасы влаги, необходимые для получения хозяйственно-оправданных урожаев.

1.3. Особенности агротехники сахарной свёклы

Сахарная свёкла является двулетним растением. В первый год из семян образуется корнеплод с розеткой прикорневых листьев, во второй – травянистый стебель с цветковыми побегами. Масса 1000 семян примерно равна 10..22 г. По способу подготовки к посеву семена сахарной свёклы бывают следующих типов [7, 43]:

- Калиброванные (разделённые на фракции заданных размеров)
- Шлифованные (с частично удалённым околоплодником при обработке)
- Дражированные (с нанесённой смесью определённых веществ, выполненных в виде шара)
- Инкрустированные (покрытые плёнкой, состоящей из водорастворимого плёнкообразователя, красителя, стимулирующих и защитных веществ)
- Капсулированные (заклѳенные совместно с защитно-стимулирующими веществами в капсулу из водорастворимых веществ)

Культура требовательна к условиям произрастания, при приемлемых условиях семена дают ростки в течение 5..8 суток. [59].

В Центрально-Чернозёмном регионе технология возделывания сахарной свёклы состоит из следующих элементов:



Современные технологии производства корнеплодов сахарной свёклы подразделяются на интенсивные, энерго-ресурсосберегающие и безгербицидные [79]. Каждая из вышеназванных технологий имеет свои положительные и отрицательные стороны. Рассмотрим их более конкретно.

Традиционная технология возделывания включает в себя:

- Осеннюю улучшенную полупаровую систему обработки почвы; внесение органических (30-40 т/га) и минеральных (18-20 ц/га) удобрений.
- Предпосевную обработку почвы с выравниванием поверхности.
- Внесение гербицидов перед посевом.
- Посев сеялками пунктирного типа малыми нормами с одновременным внесением минеральных удобрений.
- Механизированное формирование густоты стояния растений.

- Интегрированную защиту посевов от болезней, вредителей и сорняков.
- Обработку междурядий и подкормка растений средствами механизации.
- Уборку урожая поточно-перевалочным или поточным способами без ручной доочистки свёклы.

Интенсивная технология состоит из следующих элементов:

- Обработка почвы осуществляется по типу полупаровой.
- Внесение минеральных удобрений с большей дозой.
- Высев семян на конечную густоту.
- Внесение гербицидов сплошным потоком.
- Междурядные обработки исключаются полностью.
- При уходе за посевами ручной труд не применяется.

Плюсы технологии:

- ✓ Эффективная борьба с сорняками.
- ✓ За счёт применения широкозахватных опрыскивателей достигается высокая производительность.
- ✓ Исключается ручной труд.
- ✓ Существенное расширение посевов сахарной свёклы без значительного увеличения людских затрат.

Минусы технологии.

- Большой расход гербицидов.
- Вносимые препараты весьма фитотоксичны.
- Действующие вещества химикатов накапливаются в продукции и почве.
- При неблагоприятных погодных условиях высоки потери плодородного слоя почвы.
- Высокие материально-денежные издержки.

Энергосберегающая технология включает в себя [79]:

- Прогрессивные системы основной и предпосевной обработки почвы.
- Более совершенную систему минерального питания.
- Оптимизированные севообороты.
- Интегрированную борьбу с сорными растениями.
- Оптимизированную техническую базу.
- Использование новых высокоурожайных гибридов с повышенной сахаристостью и лежкоспособностью.

Положительные аспекты технологии:

- ✓ Повышается рентабельность производства.
- ✓ Снижаются энергозатраты.

- ✓ Повышаются сахаристость и урожайность.

Отрицательные аспекты технологии:

- Вносимые препараты весьма фитотоксичны.
- Действующие вещества химикатов накапливаются в продукции и почве.
- При неблагоприятных погодных условиях высоки потери плодородного слоя почвы.

Влагосберегающая технология возделывания, применяемая в основном в засушливых и эрозионноопасных зонах, подразумевает отсутствие сильных изменений травяного или мульчирующего покрова почвы. Она включает в себя:

- Осеннюю обработку глубокорыхлителями по стерне.
- Весеннее дискование и боронование.
- Посев семян специализированной сеялкой, обеспечивающей внесение средств химической защиты [59].

Преимуществом данной технологии является сокращение трёх операций, что почти на 50% снижает затраты труда и топлива, без значительных потерь качества и урожайности корнеплодов.

Экологически чистые технологии выращивания сельскохозяйственных культур подразумевают применение альтернативных безгербицидных методов борьбы с болезнями и сорняками, что при правильном подходе (согласно испытаниям) позволяет получить урожайность корней не менее 30 т/га при уровне рентабельности 50-70% [59]. Данная технология состоит из:

- Ярусной вспашки.
- Двукратной предпосевной культивации.
- Уход за посевами без гербицидов.
- Разноглубинных междурядных обработок с рыхлением почвенного слоя в защитной зоне рядков.

Плюсы:

- ✓ Высокоэкологичное производство.
- ✓ Низкие денежные издержки.
- ✓ Сниженные потери почвенной влаги в период вегетации за счёт междурядных обработок.

Минусы:

- Низкая производительность.

- Необходимость высокого уровня агротехники.
- Повреждение всходов при междурядных обработках и в следствие снижение густоты посевов.
- При неблагоприятных погодных условиях высоки потери плодородного слоя почвы [79].

Имеется множество научных работ в отечественной и зарубежной науке по повышению и стабилизации урожайности посредством подбора эффективной схемы посева сахарной свёклы.

По определению под схемой посева понимают метод расположения посевных рядков по поверхности поля. Различают ленточные и рядковые схемы посева. Ленточные отличаются сравнительно узкими междурядиями в чередовании с широкими, пригодными для передвижения колёс (гусениц) технологических агрегатов [79]. Рядковые, в отличие от ленточных, характеризуются одинаковыми междурядьями.

В качестве эталона размещения растений является перекрёстный способ сева, характеризующийся одинаковыми во все стороны расстоянием между ближайшими культурными растениями.

По мнению отечественных учёных, используемая в практике рядковая схема с междурядьем 45 см исчерпала себя полностью и выведение новых гибридов, использование стимуляторов роста и повышение доз удобрений не даст существенных прибавок к урожаю.

В связи с этим возник вопрос о поиске рациональной схемы посева. Высокие урожаи показала схема с междурядьем 30-35 см. В 1994 году был запатентован [73] способ загущенного посева семян сахарной свёклы с комбинированной шириной междурядий с четырёхстрочной схемой 20x40x20 см и технологической колеёй 140 см. Авторы утверждали, что данный способ позволит увеличить урожайность на 40% и уменьшить энергоёмкость затрат. А также возможность использования пропашных тракторов без узких шин или гусениц. Данный способ, к сожалению, не нашёл своего применения в то время, т.к. не был разработан комплекс машин для возделывания сахарной свёклы по предложенной схеме.

Учёными ВНИИСС была предложена схема посева 45x15 см [68, 79], позволяющая использовать широкий спектр механизации. Схема 45x15 см с шахматным расположением семян в ленте подвергалась практическим испытаниям, в результате которых определили увеличение урожайности на 3,5-7,2 т/га, сахаристости на 1-2% и биологического сбора сахара на 0,8-1,8 т/га, при 6 всхожих семенах на погонном метре рядка.

Отсутствие уборочных и посевных машин данной конфигурации не позволяет применить данную схему на практике. Но, приведённые выше данные актуализируют необходимость разработки и реализации на практике системы машин для полноценного возделывания сахарной свёклы по схеме 45x15 см.

1.4. Особенности агротехники семенников

Такая культура как сахарная свёкла имеет двухлетний вегетационный период, причём первый и второй год произрастания тесно взаимосвязаны друг с другом. Свёкла второго года произрастания требует определённые условия среды и резко реагирует на их изменение. У семенников вегетационный период значительно короче и составляет 90..110 суток, к тому же корневая система у них развита слабее и основная её часть располагается в слое почвы 0..60 см, что не позволяет полноценно использовать осадки второго года вегетации [105]. А из-за своей мощной надземной массы с большой поверхностью испарения, каждый маточный корнеплод расходует 30..75 л воды за сезон.

Одним из главных условий получения высококачественных семян является предотвращение семенников сахарной свёклы размножаемого сорта от нежелательных скрещиваний. Данное условие реализуется с помощью пространственной изоляции. Например, разные сорта размещают на расстоянии не менее 5 км, а расстояние от семенников полусахарной, листовой и столовой свёклы должна быть не менее 10 км [26]. На посевах маточной свёклы необходимо уничтожать цветущие растения до начала их цветения, при выращивании в одном севообороте свёклы и семенников.

Во время периода вегетации проводят минимум три междурядные обработки, сочетаемые с подкормкой. Подходящее время для подкормки – образование розетки листьев и начало выбрасывания цветоносов.

В ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова запатентовали [72] методику выращивания маточной сахарной свёклы загущенным способом с внесением подкормки в определённые сроки. Это позволяет уменьшить изреженность загущенных посевов маточников, а также увеличить их коэффициент выхода и получить жизнеспособные и здоровые посадочные корнеплода. Химический состав подкормки представлен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Подкормка посевов маточной сахарной свёклы

Химический состав		№ подкормки		
		I	II	III
		Развитие 2-3 пар настоящих листьев	Формирование 5 пар настоящих листьев, окончание линьки корня.	За 3-4 недели до уборки
Содержание в %	N	18,0 – 22,0	8,0-12,0	4,0-6,0
	P ₂ O ₅	8,0-12,0	13,0-17,0	13,0-17,0
	K ₂ O	8,0-12,0	13,0-17,0	23,0-27,0
	MgO	1,5-2,5	1,5-2,5	1,5-2,5
	S	1,0-2,0	1,0-2,0	1,0-2,0
	Fe	0,8-1,2	0,8-1,2	0,8-1,2
	Mn	0,6-0,8	0,6-0,8	0,6-0,8
	B	0,4-0,6	0,4-0,6	0,4-0,6
	Zn	0,4-0,6	0,4-0,6	0,4-0,6
	Cu	0,2-0,3	0,2-0,3	0,2-0,3
Mo	0,1-0,2	0,1-0,2	0,1-0,2	

Сроки уборки семенников корректируют в зависимости от биологических особенностей растений, погоды, наличия техники. Так как период от цветения до созревания семян несколько растянут, то правильно определить срок уборки сложнее, чем у других культур. Преждевременная уборка снижает урожайность и посевные качества семян, а опоздание приводит к их осыпанию. Приступают к уборке семенников, когда клубочки теряют зелёный окрас и становятся бурыми 30-40% плодов [59]. Внутренний признак спелости семян – мучнистая их консистенция [31]. Осуществляют процесс уборки вручную или переоборудованными зерноуборочными комбайнами.

Маточники хранят обычно следующими способами: траншейным, полунадземным (надземным) и стационарном (в подвалах, либо специальных хранилищах). В Центрально-Чернозёмном регионе широко распространён первый способ, на нём и остановимся поподробнее.

Траншеи копают шириной 80-90 см, глубиной 60-70 см. Корнеплоды, уложенные в кагаты, укрывают почвой, толщиной слоя 25-30 см. Если в верхней части кагата температура упадет до 4-5 °С, то слой почвы необходимо увеличить до 150 см для более надёжной термоизоляции [59].

Таблица 1.2 - Качество корнеплодов МС-компонента гибрида РМС-120 при длительном хранении [72]

Вариант	Потери массы корнеплодов через 6 мес. хранения, %	Доля корнеплодов, пораженных кагатной гнилью, %	Доля здоровых посадочных корнеплодов, %
Некорневые подкормки «Полифидом 15-7-30» (прототип)	8,5	14,2	85,8
Предлагаемый способ	6,3	7,0	93,0

1.5. Высадочный способ выращивания

При развитии отрасли семеноводства сахарной свёклы совершенствовались также и способы выращивания семян. Способы в хронологическом порядке классифицируются следующим образом [61]:

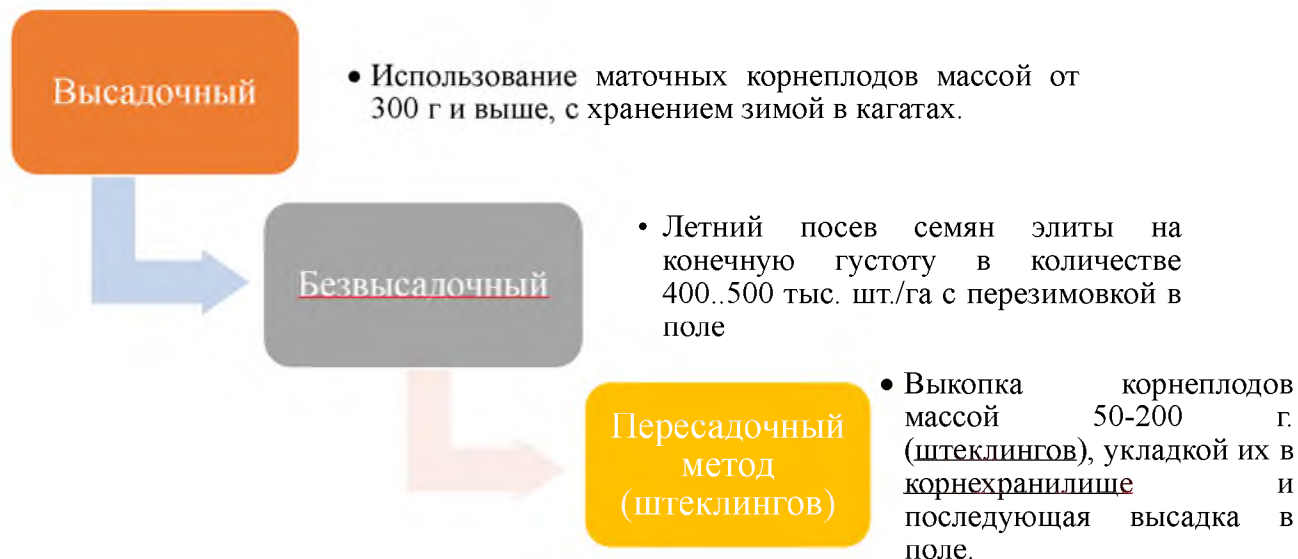


Рисунок 1.3 - Классификация способов выращивания семян сахарной свёклы

Ключевым условием увеличения выхода и улучшения качества маточников является правильное размещение свёклы в севообороте с наилучшими предшественниками, выбранных дифференцировано, учитывая условия почвенно-климатического района [9].

В зоне рискованного земледелия с неустойчивым увлажнением оптимальным предшественником является озимые, посеянные на ранних парах, после эспарцета, викоовсяной смеси, либо озимых после многолетних трав одного года. Использование удобрений – важнейший фактор для получения высокого урожая [10].

Для хорошей всхожести посадочного материала, необходимо проводить сев семян в ранние сроки, при среднесуточной температуре почвы в слое 0-10 см около 6-7 °С [14].

Свекловодческие организации в настоящее время используют пунктирные сеялки, устанавливающие высев семян по количеству клубочков или плодов на гектар, а не по массе.

Применяется ещё пунктирно-прерывистый способ сева специальными высевальными устройствами, где расстояние между гнездами при севе составляет 8..10 см [16].

Маточная сахарная свёкла высевается с шириной междурядий 45 см (в орошаемых районах – 45 и 60 см) [17]. С целью получить более выровненный посадочный материал, был разработан узкорядный способ сева, где три рядка высевают с междурядьем 30 см, а четвёртое для прохода колёс трактора – 45 см (45x30x30x30) [13].

Уборку свёклы осуществляют при наступлении устойчивого похолодания при температуре ниже 10 °С [18].

Хранят семенники следующими способами: в стационарных хранилищах, полунадземных буртах и траншеях [19].

Выкопанные маточки сразу же после уборки укладывают в кагат [89]. Так как после кагатирования в корнеплодах жизненные процессы прекращаются, то для успешного хранения необходимы следующие условия: температура воздуха 2..3 °С, относительная влажность около 90 %, в составе воздуха не более 4..5 % CO₂ и 12..15 % O₂.

Вынужденную конвекцию (вентиляцию) необходимо создавать в траншее не менее двух раз – в середине февраля и в середине марта (15..20 мин. Через каждое отверстие в траншее при температуре около 0 °С) [54]. Проверяют состояние корнеплодов не реже одного раза в месяц лабораторными пробами из верхней и нижней части кагата (по 50 корнеплодов) [25]. При обнаружении резкого снижения температуры в хранилище, нужно дополнительно укрыть их соломой, снегом или другими материалами [88].

При появлении в кагате высокого содержания CO₂ или угрозы затопления, необходимо выбрать семенники из хранилища, сложить их в кучи и тщательно накрыть землёй (30..40 см).

Посадку осуществляют сразу же после культивации. Из траншеи корнеплоды извлекают агрегатом ТКУ – 0,9, а затем на переборочном столе рабочие удаляют загнившие ткани корнеплодов и отбраковывают непригодные

для посадки. Чтобы не допустить подвяливания, посадочный материал вывозят на посадку. Корнеплоды для дневной потребности формируют в бурт и накрывают землёй [12]. При механизированной посадке необходимо соблюдать вертикальность расположения корнеплодов в почве, глубину их заделки, т.е. над головкой корнеплода должна быть плотно облегающая по всей поверхности почва, толщиной 2..2,5 см.

После механизированной посадки участок становится гребнистым (высота гребней – 4..10 см). Для устранения данного эффекта рекомендуется в агрегате с посадочной машиной использовать цепь, брусок от шлейфа, либо волокушу.

Рекомендуется проводить второе довсходовое рыхление почвы лёгкими боронами для уничтожения сорняков, либо после дождя [29].

Открытие розеток – первая операция по уходу за маточниками, проводимую при 30..40% всходов, что возможно осуществить с помощью боронования.

Во время всего периода вегетации поле должно быть в рыхлом и чистом от сорняков состоянии. Что достигается междурядной обработкой, ручной прополкой [88] и применением гербицидов.

Затем стебли с семенами срезают специальными жатками (ЖУС – 4,2; ЖРС – 4,9) [21]. После подсушки их обмолачивают самоходными комбайнами СК – 5 с полотняно-планчатыми подборщиками ПТП – 2,4 или ППТ – 3 [22]. Для уменьшения травмирования семян при обмолоте, опускают подбарабанье и уменьшают обороты молотилки до 550 – 600 мин⁻¹. Имеет также место десикация, позволяющая проводить уборку прямым комбайнированием в сжатые сроки и с минимальными потерями урожая [23].

1.6. Безвысадочный способ

В нашей стране наиболее популярными способами являются высадочный и безвысадочный. Несмотря на высокую сохранность маточников зимой высадочный способ обладает рядом недостатков, из которых главными являются издержки при транспортировке большой массы корнеплодов, использование дополнительных операций, чем вызывается его трудоёмкость и высокая себестоимость. Причём основные затраты идут на уборку, очистку, кагатирование маточников, выборку их из кагатов, сортировка корнеплодов и их посадка. К тому же корнеплод в процессе уборки теряет стержневой корень и всю мочковатую систему (0...50 см). [49]

Потому в середине 30-х годов прошлого века на Украине реализовали программу испытаний, показывающих перспективность использования безвысадочного способа, преимуществами которого являются уменьшение издержек в 1,5-2 раза, посредством полноценного или частичного отказа от трудоёмких агротехнологических и технологических операций. Главное отличие безвысадочного способа кроется в его названии – маточники осенью не выкапываются, а остаются зимовать в почве.

На территории современной России были проведены альтернативные исследования. Коэффициент сохранности растений после перезимовки составил на Кубани 50..80%, а в Крыму – 70..90% [6].

Так как гибель растений в зимний период является главным недостатком безвысадочного семеноводства, многими учёными проводился поиск приёмов повышения зимостойкости корнеплодов сахарной свёклы.

Исследования 2009-2015 гг., помогли установить, что безвысадочное семеноводство возможно реализовать и в условиях Центрально-Чернозёмного региона. При этом необходимо использовать гибридные семена в сочетании с покровными культурами (ячмень, кукурузу и подсолнечник майского срока сева) и окучиванием перед уходом в зиму [61]. При этом повышается сохранность растений до 74%.

При данном способе выращивания семян сахарной свёклы посев проходит в середине или даже конце летнего периода под покров яровых культур (кулисная культура) [41], когда почва насыщается влагой.

В октябре-ноябре (в зависимости от погоды) посредством двухкорпусных плугов закрывают почвой посадки, причём верхняя часть ботвы не укрывается. Весной у посадок открывают розетки листьев боронами с перевёрнутыми кверху зубьями [59].

Весной свёкла трогается в рост, образует цветоносные стебли и плодоносит. Преимуществом данного метода является исключение трудоёмких операций по уборке, хранению и посадке корнеплодов, в следствие чего затраты труда и средств сокращаются на 50 % и более [41]. Хотя урожай семян при описанном способе несколько ниже, чем при традиционном, но его рентабельность на порядок выше [59], т.к. по выходу семян этот способ не уступает высадочному, а иногда даёт более высокие результаты [41].

Устойчивость к заморозкам корнеплодов возможно увеличить путём посева в летний период и загущенным расположением сахарной свёклы, тем самым увеличивая её деревянистость и замедляя рост растений. [49]

В течение зимы имеет место выпадение растений, в связи с чем необходимо иметь с осени как минимум 300 тыс./га растений. Потому высев семян свёклы доводят до 18..20 кг/га для обеспечения 20..25 растений на 1 м рядка перед уходом в зиму [88]. Ширина междурядий маточников для данного способа необходимо установить, учитывая почвенно-климатических условий региона высадки и времени сева.

Перед уходом свёклы в зиму поле необходимо опахать и на его границах разложить отравленные приманки для грызунов. После того, как минует опасность заморозков, маточную свёклу раскрывают [49].

В качестве положительного момента безвысадочной технологии стоит отметить более раннее и дружное созревание в отличие от высадок, позволяющее провести уборки с меньшими потерями.

1.7. Высадочный способ выращивания методом штеклингов

В данной диссертации предложено выращивать маточную сахарную свёклу методом штеклингов (мелкие корнеплоды с массой менее 150 г), т.к. на сегодняшний момент это является одним из перспективных направлений в производстве семян сахарной свёклы [8].

Суть метода заключается в том, что корнеплоды небольшого размера выращивают при равномерной густоте с более загущенной прорывкой и при высоком агрофоне, с нормой 500-800 тысяч шт./га, причём коэффициент выхода маточников может достигать 6-8. Основная задача – получить корнеплоды мелкого размера, т.к. семенная продуктивность их весовой единицы возрастает с уменьшением размера [8, 36].

Анализируя эмпирические данные Ганусовской, Межотненской и Уладова-Люлинецкой опытных станций А.В.Добротворцева [30] отметила, что масса штеклинга должна быть в пределах 100..300 г. При меньше указанной массы, урожайность семян значительно снижалась. А наилучшей схемой посадки штеклингов является схема 70x35 см [89] с одним корнеплодом в гнезде.

Из-за большей продуктивности штеклингов при высадке их в количестве, тождественном массе крупных корнеплодов и, собственно, на большей площади, возможно получить больший валовый сбор семян. Поэтому возникающие дополнительные материальные и трудовые затраты являются рентабельными.

2. ОБЗОР МАШИН ДЛЯ ПОСЕВА САХАРНОЙ СВЁКЛЫ

2.1. Анализ сеялок для посева сахарной свёклы

Проведённый анализ рынка сеялок сахарной свёклы отечественных и зарубежных производителей показывает, что подавляющее большинство (до 70%) представлено универсальными сеялками точного высева с диапазоном рядности от 4-6 до 36 (США). Основные показатели: междурядья – 45 см (Россия) и 50..56 см (Европа и США), расстояние между семенами – 12-17 см, норма высева – 7-8 шт/м [79].

По конструкции дозирующего устройства предпочтение отдаётся пневмомеханическим высевающим аппаратам, предназначенным для высева дражированных семян. Имеют место также использование высевающих аппаратов дискового, ленточного, ложечкообразного, вальцевого и других типов.

Используемые сеялки оснащены копирующими и прикатывающими опорными катками до и после высева семян. Приборы контроля уровня прикатывания на выпускаемых сеялках отсутствуют.

По точности распределения семян пневматические аппараты примерно равноценны и предпочтительнее дозирующих устройств сеялки ССТ-12В. Но в свою очередь пневматические могут высевать только дражированные семена, а механические более универсальны и предназначены для высева как дражированных, так и инкрустированных семян.

Создание и освоение более совершенных машин для производства свёклы поможет значительно снизить энергетические и натуральные затраты, и позволит улучшить оснащённость товаропроизводителей и увеличить эффективность производства.

Согласно исследованиям [79] современная сеялка для посева должна удовлетворять следующим требованиям:

- ✚ Универсальность (высев большинства культур в дражированном и инкрустированном виде).
- ✚ Глубина заделки семян от 2-3 до 5-7 см.

- ✚ Глубина заделки удобрений до 10-12 см.
- ✚ Равномерное распределение семян в рядке (отклонение не более 10%).
- ✚ Автоматизированный контроль высева с подсчётом семян и площади сева.
- ✚ Исключать высев двойников и просевы.
- ✚ Осуществлять прикатывание и качественно уплотнять почву в надсеменном слое.
- ✚ Обеспечивать стабильную работу каждой секции при любом рельефе поля и влажности почвы.
- ✚ Конструктивно обеспечивать изменение междурядья.
- ✚ Удобство в навеске и при транспортировке.
- ✚ Предполагать навеску и монтаж гербицидного и подкормочного оборудования.

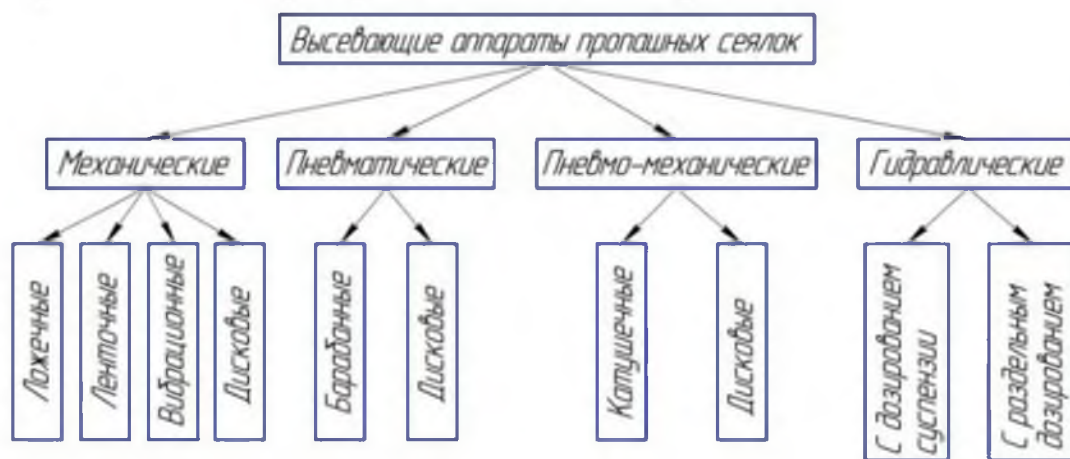


Рисунок 2.1 - Классификация высевающих аппаратов пропашных сеялок

В данной главе мы исследуем образцы сеялок для посева семян сахарной свёклы, производящихся как в нашей стране, так и за рубежом [75]. Рассмотрим их наиболее подробно.

2.2. Пневматические сеялки точного высева

Сеялка точного высева MS8230 от MaterMass

Универсальная 12-рядная сеялка точного высева MaterMass MS8230 имеет широкий спектр высеваемых культур: сахарная свёкла, бобовые, рапс, кукуруза, подсолнечник. Междурядья выставляются от 37,5 до 75 см.

Каждая высевающая секция навешивается на специальную направляющую, закреплённую за основной рамой. Все аппараты в транспортном положении находятся в средней секции и прижаты друг к другу, а боковые – поднимаются вверх. В рабочем режиме секции опускаются вниз, а высевающие аппараты равномерно распределяются по всей направляющей с помощью гидроцилиндров двойного действия, расположенных с каждой стороны сеялки.

Для отсечения лишних семян используется технология пониженного давления, создаваемого вентилятором, вращающимся от ВОМ при 540 мин⁻¹. Высота падения семян – 62 см, что, конечно, сказывается на точности распределения семян на поле особенно для сахарной свёклы, но при посеве кукурузы данное решение значительно не повлияло.

Данная сеялка весьма может быть интересна фермерам, так как её можно использовать для высева культур с разными междурядьями.



Рисунок 2.2 - Универсальная сеялка точного высева MaterMass MS8230

Технические данные	
MaterMass MS8230	
Междурядье	37,5–75 см
Привод	Механический
Ведение по глубине	Параллелограмм
Регулировка по глубине	Шаг 2,5 мм
Бункер для семян	35 л
Шины	23 x 10,5–12
Длина/ширина	2,20 / 3,20–6,00 м
Порожняя масса	1710 кг
<i>Данные производителя.</i>	

Рисунок 2.3 - Техническая характеристика сеялки

Высокоскоростная сеялка Tempo R 12-18 от Väderstad

Навесная высокоскоростная сеялка Tempo R 12-18 обладает непревзойдённой точностью и большей производительностью среди своего класса.

Дистанционная система контроля Väderstad E-Control на i-Rad информирует о каждом семени, проходящем через машину. Сообщает о качестве семени, наличии двойников или пропусков, а также о расстоянии в рядках и норму высева в режиме реального времени [4].

Комбинация плантера TPR19 с навесным баком удобрений FN 2200 производит посев свёклы с внесением удобрений на высокой скорости, чем достигается высокая производительность. Высокая точность параметров посева достигается с применением технологии Power Shoot. Скорость посева посредством данной технологии может достигать до 20 км/ч.

Кардинальное отличие данной сеялки от своих собратьев заключается в том, что семена поступают по семяпроводу к сошнику в ламинарном потоке воздуха, под давлением и со скоростью около 17 м/с. Калибровка по норме высева семян не требуется, так как необходимые параметры вводятся на экране планшета или ISOBUS-монитора и алгоритм вычисляет необходимую угловую скорость в зависимости от скорости посевной машины [60].



Рисунок 2.4 - Навесная высокоскоростная сеялка Tempo R 12-18 от Väderstad

Каждая посевная секция имеет свой электрический привод, позволяющий отключение высевающих секций и точной регулировке нормы высева. Кроме того, исключаются проблемы со скользящими ведущими колёсами и цепями, что соответственно увеличивает точность высева.



Рисунок 2.5 - Общий вид сеялки Tempo R 12-18

Сеялка точного высева Optima от Kverneland

Фирма Kverneland до 2018 года не предлагала потребителям высокоскоростные сеялки. Всё поменялось с конструированием новой посевной секции SX, работающей от электродвигателя без дополнительного генератора даже при скорости 18 км/ч [81].

Универсальная сеялка точного высева Optima предназначена для посева кукурузы, бобов, сахарной свёклы (обычной, дражированной), карликовой фасоли, гороха, сои и др. Сеялка может оснащаться электрическим и механическим приводом высевающего аппарата, а также может объединяться с дополнительным разбрасывателем удобрений [1].

Сеялка точного высева Kverneland Optima TFprofi с вакуумным высевающим аппаратом при своём исполнении требует от трактора всего лишь 80 л.с., а подъёмная сила не требуется. Для передвижения по дорогам общего пользования сеялка складывается посредством гидравлического привода [2].



Рисунок 2.6 - Универсальная сеялка точного высева Optima от Kverneland



Рисунок 2.7 - Сеялка Optima Kverneland в работе

Кverneland Optima TF profi с высевающей секцией SX

Число секций	8
Междурядье	75 см
Вместимость семенных бункеров	60 л
Бункер для удобрений	2000 л
Перфорированный диск (число отверстий / диаметр)	32/5,5 мм
Нагрузка на сошник	126–276 кг
Потребная мощность	118 кВт / 160 л. с.
Шины	4 × 12.5/80–18
Собственная масса	3640 кг
Габаритные транспортные размеры (длина/ширина/высота)	5,34/2,99/3,70 м
Цена по прайс-листу, без НДС	69 723 €

Данные производителя, исполнение опытного образца.

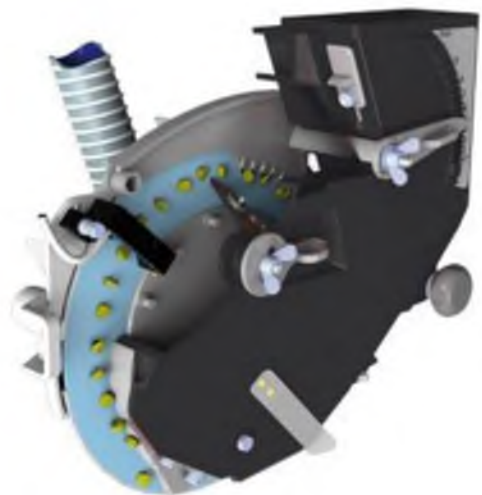


Рисунок 2.8 - Технические характеристики сеялки Optima

Бункер для удобрений объёмом 2000 литров наполняется посредством фронтального погрузчика, засыпкой из мешков, либо путём заполнения шнека. Вносятся удобрения дозатором с электрогидравлическим приводом.

В качестве преимуществ данной сеялки стоит отметить надёжную конструкцию параллелограмма с втулками в поворотных точках, не требующим обслуживания. Колеса для прикатывания тоже имеет подшипники, не требующими обслуживания. И конечно же ISOBUS-совместимость.

Высокоскоростная сеялка точного высева Maestro RX от Horsch

В связи с ростом предложения и спроса на высокоскоростные сеялки точного высева компания Horsch выпустила новую сеялку Maestro RX с системой Air-Speed, которая заделывает семена в борозду под давлением.

Для потребителя данная сеялка может поставляться в двух вариациях: вакуумная и система с избыточным давлением. Так как при посеве крупносеменных культур (подсолнечник, бобовые) вакуумная система имеет больше преимуществ в данном исполнении [62].

Система AirSpeed разделяет семена по принципу избыточного давления, которое прижимает семена к отверстиям высеваящих дисков. Давление в системе регулируется гидравлическим вариатором привода вентилятора.



Рисунок 2.9 - Высокоскоростная сеялка точного высева Maestro RX от Horsch

Сеялка точного высева Amazone Precea 4500-2C Super

У сеялки точного высева Amazone Precea 4500-2C Super высеваящий аппарат сконструирован в классическом стиле, как это используется у агрегатов, работающих по мульче: впереди для внесения удобрений установлен двухдисковый сошник, затем располагается сошник для посева с широкими и большими опорными колёсами, а в конце – дисковый загортач.

Семена в дозирующем устройстве распределяются за счёт избыточного давления, создаваемого турбиной [83]. Семена соскальзывают из семенного бункера и поступают в дозирующий диск. Зёрна при вращении диска прижимаются к его технологическим отверстиям, в последствии чего они проходят мимо трёх отсекателей, исключая двойники [85]. По спецзаказу устанавливаются регулируемые автоматически отсекатели двойников SmartControl через терминал в кабине трактора.

Техническое решение данного агрегата позволяет использовать как механический привод высеваящего аппарата со скоростью высева до 12 км/ч, так и посредством сервоприводов, позволяющих разгоняться до 15 км/ч.



Рисунок 2.10 - Сеялка точного высева Amazone Precea

2.3. Механические сеялки точного высева

Из учебника по растениеводству [78] мы знакомы, что технологическая скорость выполнения посева калиброванных семян для механических высевающих аппаратов ограничена до 6 км/ч, при условии правильного выбора высевающего диска. А пневматические сеялки производят более точный высев, тем самым скорость повышается до 7..8 км/ч. Но прогресс не стоит на месте, и вот уже наши зарубежные коллеги смогли увеличить скорость посева технических культур до 20 км/ч [4]. Увеличилась скорость и механических сеялок точного высева. Рассмотрим их подробнее.

Сеялка точного высева Monopill SE от Kverneland

Основным приоритетом для современных сельхоз-товаропроизводителей является гарантированная стабильная урожайность путём использования высокопроизводительных машин. Для сеялки главными критериями являются качество проведения посева и простота обслуживания, а также равномерность расстояний между семенами и глубины заделки, и, конечно же, надёжность.

Пионером в области применения на сеялках точного высева электропривода является фирма Kverneland Group. К тому же это компания запатентовала технологию двухмерного распределения семян GEOSEED, суть которой заключается в высеве семян в шахматном порядке с неизменным основным междурядьем [34]. В итоге значительно увеличивается урожайность за счёт увеличения площади питания растений и снижения конкурирования посевов за источники энергии.

Сеялка точного высева механической конструкции Monopill S с приводом от колеса и Monopill e-drive II с приводом от электромотора предназначена для точного посева семян свёклы, рапса и цикория [66].

Интересное техническое решение, применённое в высевающем аппарате Monopill – использование эффекта «нулевого наложения». Принцип работы высевающего аппарата состоит в том, при вращении диск из-за специфичности формы забирает только одно дражированное семя из камеры, а остальные

отталкиваются, тем самым, исключаются пропуски и сдваивания. После захвата семени диск вращается по ходу движения сеялки, тождественно скорости движения агрегата и противонаправлена ей, и семя удерживается в ячейке за счёт центробежной силы [34]. Точность размещения семян в борозде обуславливается низким (3 см) расположением отверстия для посева внутри сошника.

В качестве преимуществ данной сеялки стоит отметить, что в высевальном аппарате возможна бесступенчатая установка межсеменных расстояний от 12,5 до 25 см. Прокладывание технологической колеи и увеличение нормы высева в рядах, примыкающим к технологическим колеям [66].



Рисунок 2.11 - Сеялка точного высева Monopill SE от Kverneland

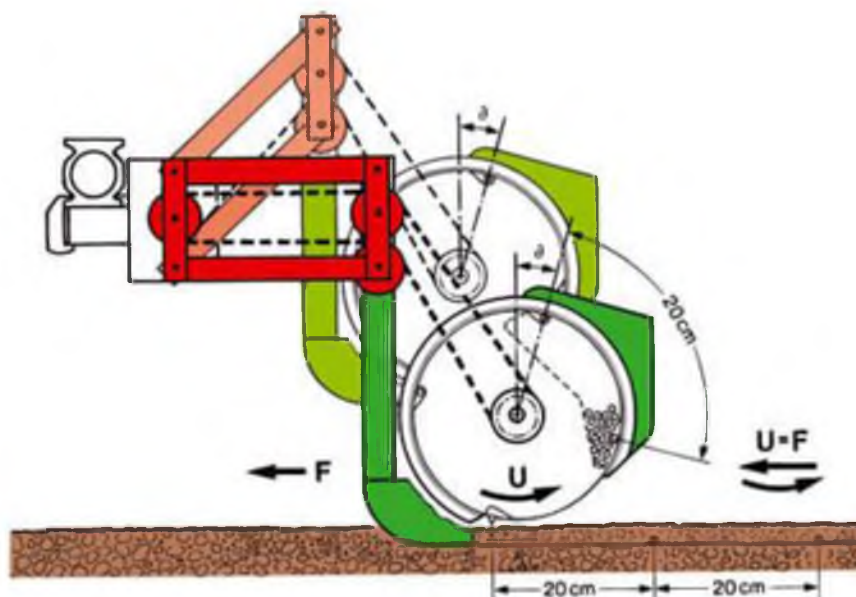


Рисунок 2.12 - Высевающий аппарат сеялки Monorill

Matrix 1800 om Grimme

Весной 2017 года фирма Grimme выпустила сеялку для посева сахарной свёклы, рапса и цикория Matrix 1800, чем всколыхнула рынок товаропроизводителей новыми техническими решениями. Сеялка оснащена системой гидравлической регулировки нагрузки на сошник, гребёнками для заделки тракторной колеи, шпренгельной фермой для складывания секций в транспортное положение, маркерами следа и терминалом CCI 100 с системой управления секциями.

Касаемо распределения семян у механического высевающего аппарата нареканий по пропускам и двойникам отсутствуют, и точность закладки семян стабильно выдерживается [82]. Единственное, это всё соблюдается только при скорости 6,5 км/ч, а при повышении скорости свыше чем на единицу, точность распределения семян значительно снижается.



Рисунок 2.13 - Matrix 1800 от Grimme



Рисунок 2.14 - Сервопривод высевающего аппарата



Рисунок 2.15 - Загоргач сеялки

2.4. Зарубежные сеялки загущенного посева

Прицепная сеялка 3XL TWIN от MaterMass

Данная сеялка осуществляет прецизионный высеv технических культур двухстрочечным способом. В каждой высеvающей стойке посев производится в две строчки с раскладкой семян в шахматном порядке. Тем самым зона питания каждого растения увеличена, при увеличении нормы высева без потерь от конкуренции растений [77]. Производитель заверяет, что использование данной сеялки позволит увеличить урожайность на 15-20% без дополнительных вложений, только за счёт увеличения нормы высева, что позволяет сократить площади под технические культуры. Приобретение дополнительного оборудования для уборки не требуется. Осуществление точного высева каждого семени реализуется за счёт вакуумного распределителя семян, индивидуально установленного для каждой посевной строчки.

Сеялка точного высева 3XL TWIN 816 является одной из самых лёгких в своём классе, благодаря изготовлению рамы из высокопрочного облегчённого стального профиля.

При технологии берегающего земледелия, подразумевающей отсутствие какой-либо механической обработки почвы, производитель сеялки реализовал высокое качество заглубления, помимо веса машины, за счёт специального загрузочного пружинного механизма. Загрузочный механизм позволяет увеличить усилие на сошник на 0,9 кН больше собственного [76].

Посевная стойка включает в себя два полноценных автономных механизма. Стойки оснащены индивидуальным параллелограммным механизмом, копирующим рельеф почвы и позволяющим поддерживать заданную точную глубину заделки семян высеvающим аппаратом. Стойка производит высеv с минимальным расстоянием между строчками 22 см, между рядами – 70 см.

Запатентована система пневматического распределителя семян при высеве MagicSem, которая обеспечивает постоянный и однородный отрыв семян в нужный момент без повреждения.

Принцип работы высевающей секции состоит в том, что семена культуры в процессе работы прилипают к отверстиям диска, а одно семя в отверстиях остаётся при помощи механического отсекателя. Вакуумная камера технически разграничена только одной прокладкой, что значительно уменьшает трение и диск крутится легко с постоянной скоростью. Для перенастройки сеялки на другую культуру всего лишь нужно заменить высевающий диск, без дополнительных усилий по замене и настройке гребёнок.



Технические характеристики	
MaterMacc 3XL	
Стандартная комплектация	
Передние передаточные колеса	23x10,5-12
Двойная 21-ступенчатая центральная коробка передач	
Вакуумметр	
Набор высевающих дисков	
Перегородка для мелких семян на каждый ряд	
Транспортер для сбора остатков семян	
Ящик для семян	70 л
Гидравлические распределители у трактора	
Монитор контроля высева:	Monotronic 32'
Стандартная комплектация рамы	
2 независимых крепления сеялки с азотным компенсатором	
4 колеса размером	480/45-17
Независимый привод вентилятора разрежения при помощи гидросистемы, ВОМ трактора	1000 об/мин
Сцепная муфта насоса	Z6 1"3/8
Масляный бак	200 л
Крепление к трактору через прицепную скобу	
Габаритная ширина в транспортном положении	3,50 м
Гидравлический 3-секционный маркер с диском	
2 прицепных скобы	

Рисунок 2.16 - Высевающий аппарат сеялки MaterMacc 3XL



Рисунок 2.17 - Прицепная сеялка точного высева 3XL TWIN

Сеялка Azurit 9/8.75 K D от Lemken

Весной 2019 года компания Lemken представила принципиально новый вид сеялки Azurit 9/8.75 K D. Принцип её работы заключается в том, что семенной бункер объёма 600 литров дозирует семена с помощью шнека, и потоком воздуха семена доставляются к соответствующим высевающим секциям, которые информируют о необходимости о подаче порции семян [84].

Ещё одним новшеством в сеялке Lemken Azurit 9 является использование технологии DeltaRow, суть которой состоит в высеве семян в ряд, состоящий из 2-х полурядов на расстоянии 12,5 см, между которыми укладываются удобрения. Синхронизация полурядов производит точный высев треугольной посадкой [27, 84]. В результате, по сведениям производителя, увеличивается площадь для каждого растения до 70% и они получают больше воды, питательных веществ и света.



Рисунок 2.18 - Сеялка Azurit 9/8.75 K D от Lemken

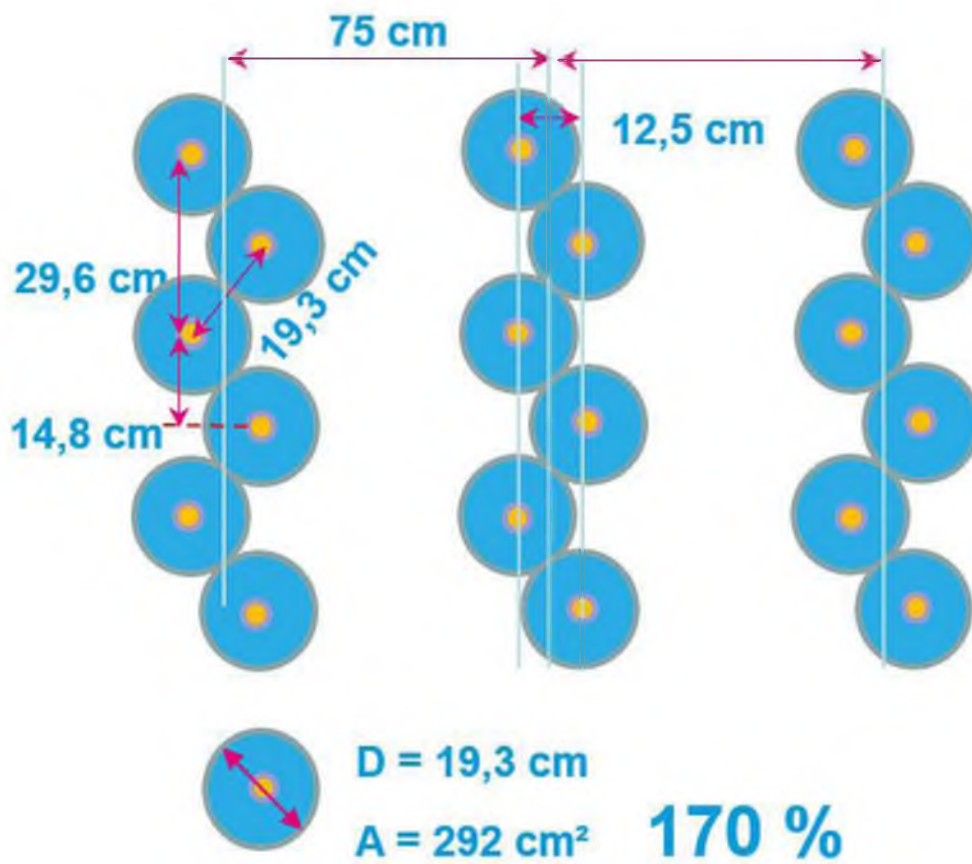


Рисунок 2.19 - Технология DeltaRow

3. КОМПЛЕКС МАШИН ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ ПО СХЕМЕ 45x15 CM

Увеличение эффективности свекловодческих хозяйств базируется на следующих принципах:

- ✓ Пересменка культуры по лучшим предшественникам.
- ✓ Органические и минеральные удобрения, вносятся строго по расчётным нормам.
- ✓ Оптимальная обработка почвы, в т.ч. с применением химикатов, обеспечивающая защиту от сорняков, вредителей и болезней.
- ✓ Точный высев дражированными или калиброванными однострочковыми семенами,
- ✓ Комплексная механизация всех технологических процессов по возделыванию и уборке корнеплодов [41].

В монографии [79] предложен машинный комплекс для полноценного возделывания сахарной свёклы по схеме 45x15 см. Рассмотрим её детально.

3.1. Посевные машины

Механическая сеялка точного высева на базе ССТ-12Б

Посевное устройство для дражированных семян, сконструированное на базе сеялки точного высева ССТ-12Б. Счёрсывающий ролик был заменён скребком, установленным по касательной диска, под углом α , что предотвращает дробление семян из-за исключения сжимающих нагрузок [79].

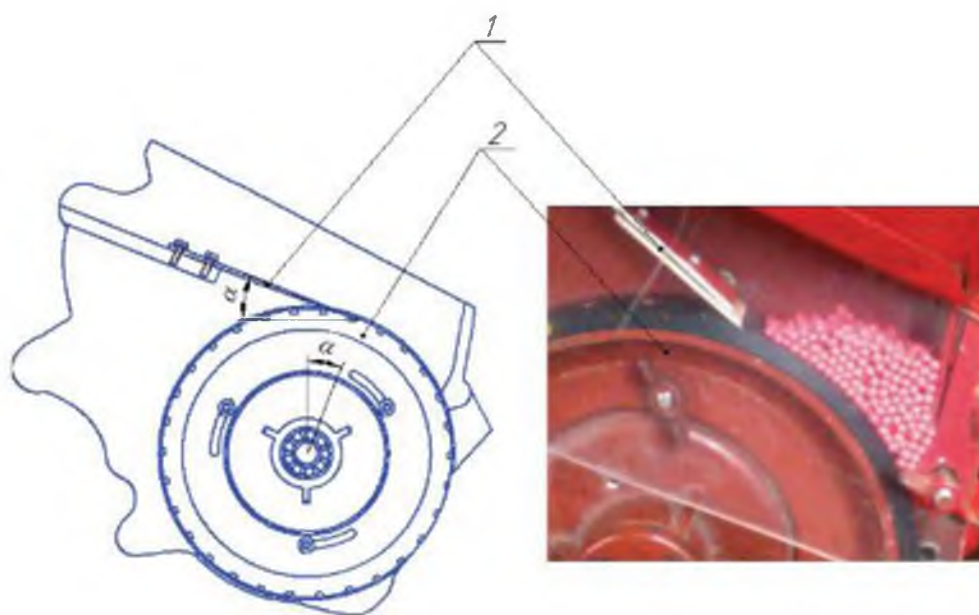


Рисунок 3.1 – Схема высевающего аппарата

1 – скребок, 2 – высевающий диск.

Затем, на базе ССТ-12Б [68, 79] был собран посевной агрегат, реализующий схему посева 45х15 см с расположением семян в двух смежных рядах в шахматном порядке, достигающееся установкой высевающих дисков с угловым смещением.



Рисунок 3.2 – Модернизированная сеялка

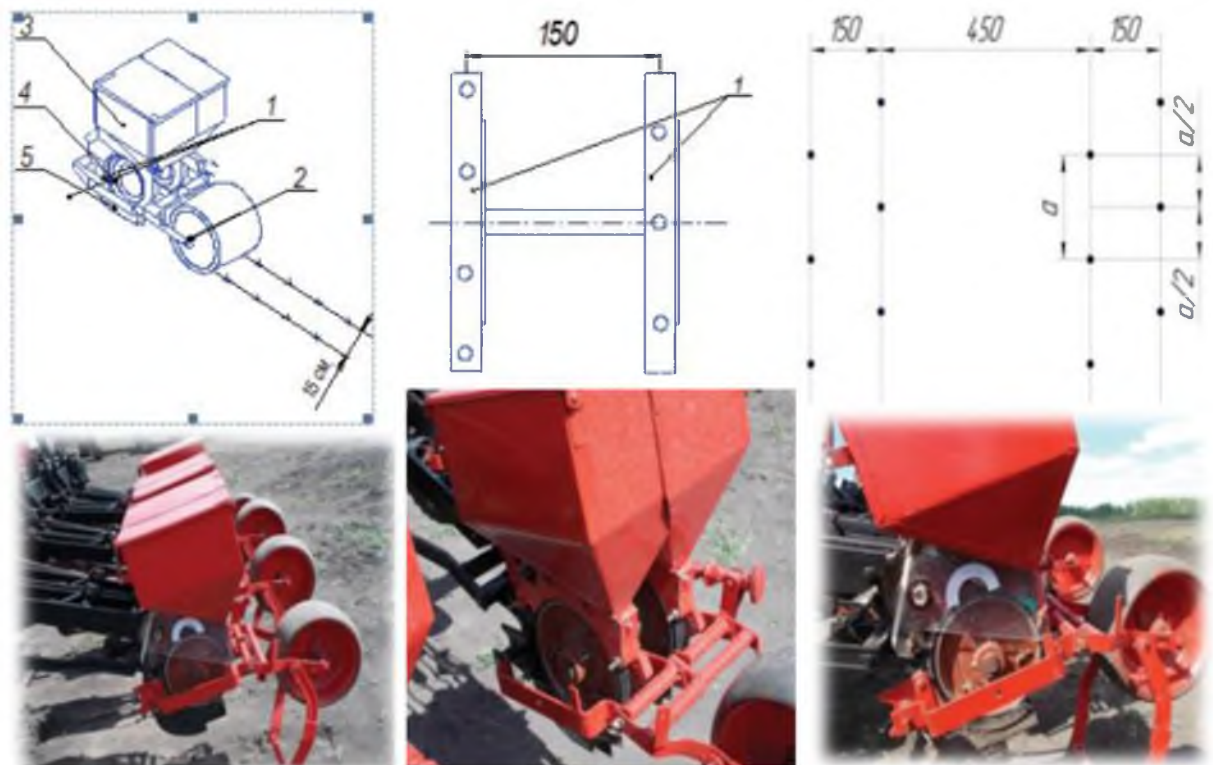


Рисунок 3.3 – Общий вид и чертёж посевной секции

1 – высевающий диск, 2 – каток, 3 – семенной ящик, 4 – рама, 5 – сошник

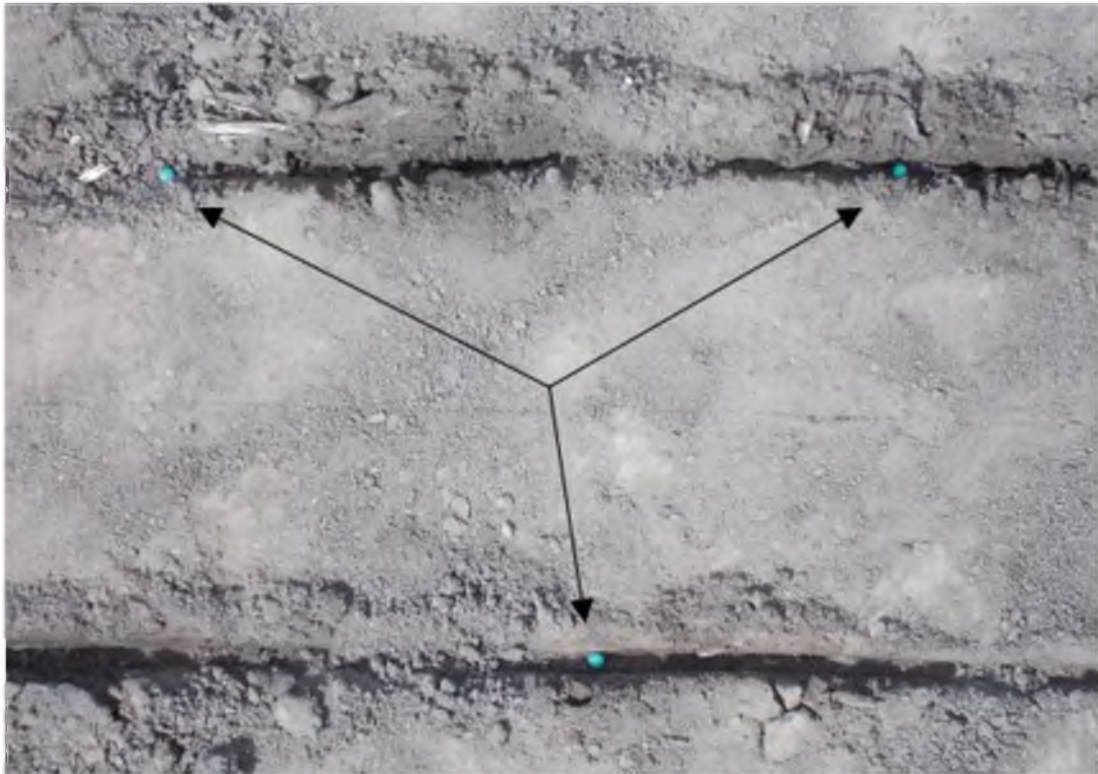


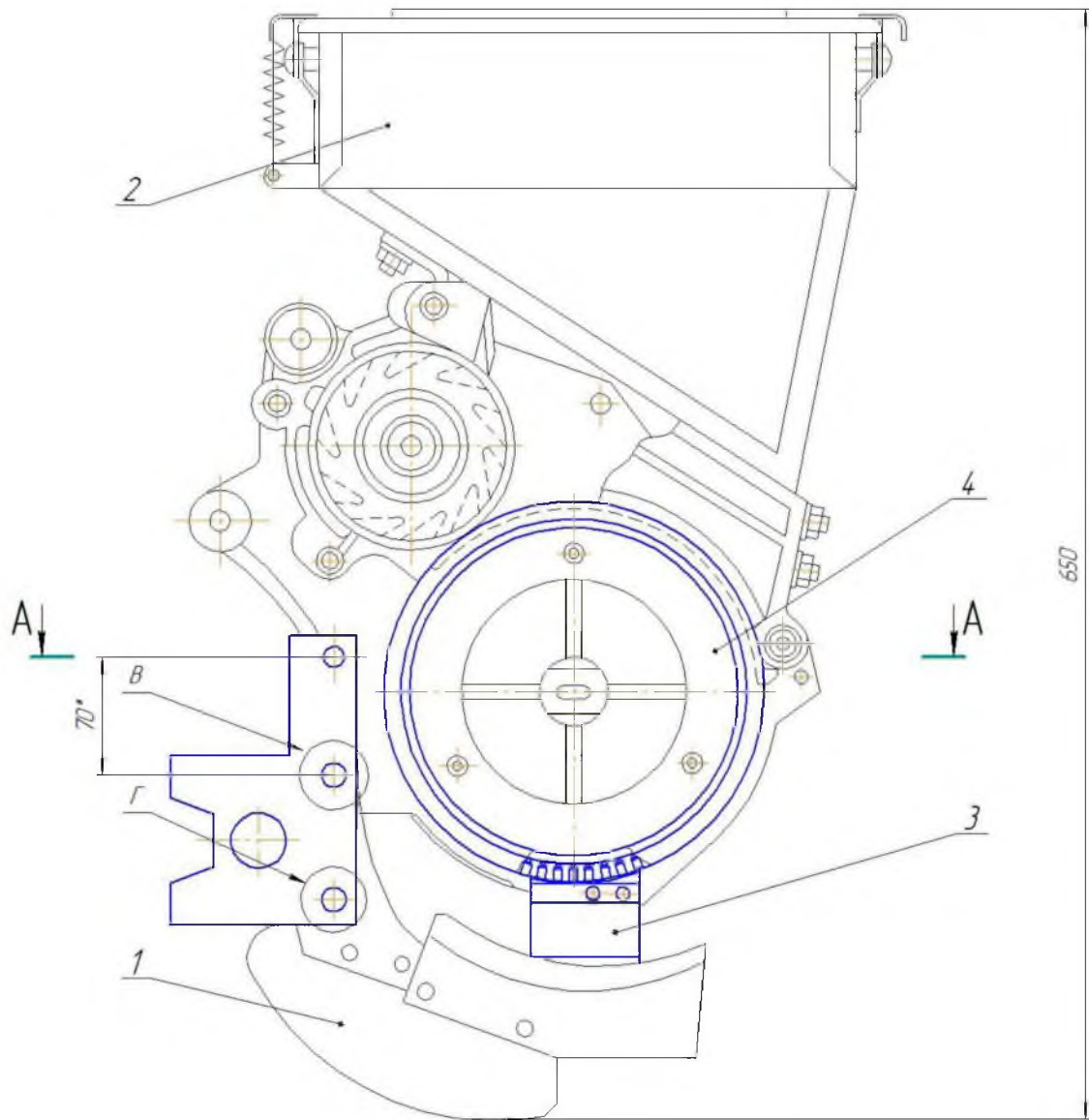
Рисунок 3.4 – Расположения семян в смежных рядках при посеве

Работа сеялки начинается с опорно-приводных колёс, которые вращают семявысевающие диски, из ячеек которого семена попадают на уплотненное дно борозды, загортач засыпает семена почвой и уплотняет её над бороздами.

Данная сеялка [68] позволит осуществлять качественный посев дражированных семян по схеме 45x15 см в шахматном порядке.

Делитель потока на сеялку ССТ – 12Б

Для того, чтобы увеличить выход корнеплодов с единицы площади с небольшими затратами на модернизацию имеющихся в хозяйстве сеялок, что особенно актуально для фермерских хозяйств, нами был разработан делитель потока, который устанавливается после высевающего аппарата сеялки ССТ-12Б (рисунок 3.5). Каждая секция сеялки состоит из бункера 2, двухрядного высевающего диска 4 с шахматным расположением ячеек, делителя потока 3, и двух анкерных сошников 1, закреплённых в технологических пазах сеялки 6 с помощью двух пластин 5.



A-A

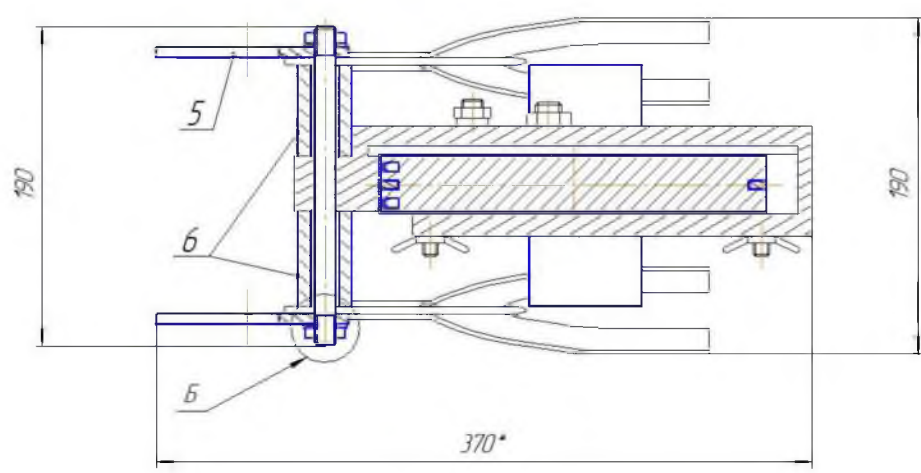


Рисунок 3.5 - Общий вид предлагаемого устройства

Конструкция данного устройства обеспечивает посев по схеме 45x15 см с шахматным на 1/2 расстояния расположением семян в рядке относительно друг друга в двух смежных рядках за счет использования двухрядного высевающего диска с шахматным расположением ячеек, разделяя поток семян с каждого ряда диска на соответствующие сошники.

Делитель потока (рисунок 3.6) состоит из двух трубок прямоугольного сечения 1, находящихся под углом 45° к вертикальной плоскости и соединённых между собой крепёжными усиливающими пластинами 3. Между профилями установлена перегородка в поперечно-вертикальной плоскости 2, разделяющая поток семян с каждого ряда высевающего диска в соответствующие полости трубок, откуда уже семена попадают в сошник [89]. В целях предупреждения вылета семян за пределы сошника, на трубках установлены направляющие 7.

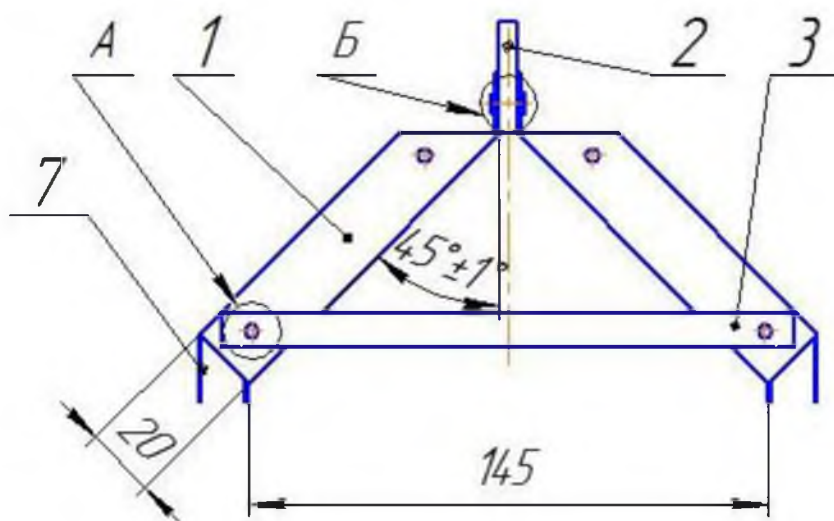


Рисунок 3.6 - Общий вид разработки

Соединительная пластина (на рисунке 3.5) представляет собой лист обыкновенной стали толщиной 6 мм с имеющимися технологическими отверстиями, предназначенными для крепления к высевающей секции и собственно сошникам.

Применение данного способа позволит оптимизировать площадь питания свекловичных растений, увеличить густоту их стояния на единице площади, повысив тем самым урожайность корнеплодов [68].

Высевающий аппарат с пневматическим приводом

В 2017 г. Приморская ГСХА запатентовала [71] высевающий аппарат для посева зернобобовых культур, который возможно использовать и для посева семян дражированной сахарной свёклы.

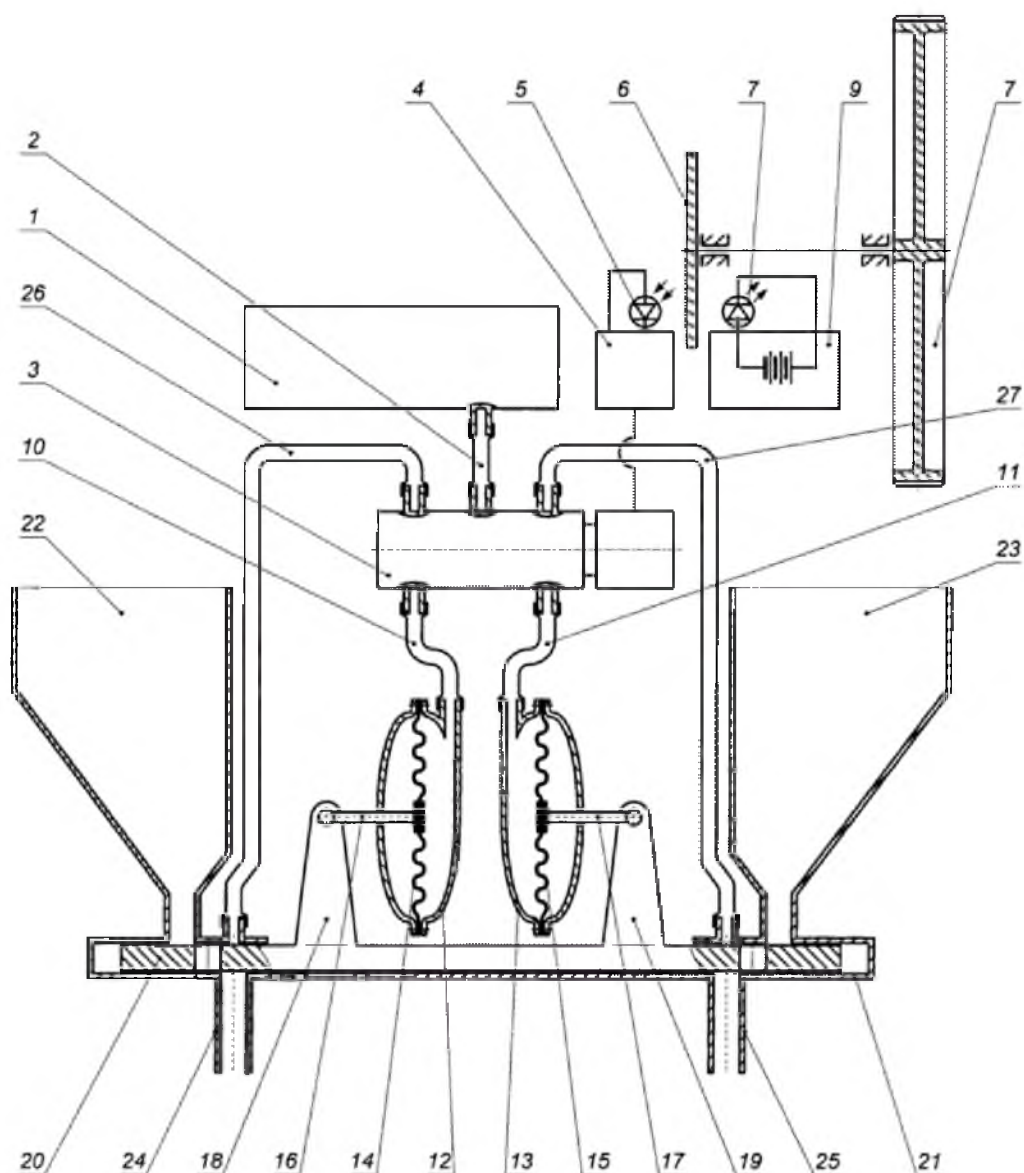


Рисунок 3.7 - Общий вид высевающего аппарата с пневматическим приводом

Высевающий аппарат данной сеялки состоит из перфодиска 6, формирователя импульсов 4, фотоэлемента 5, семенного бункера 22, семяпроводов 24, 25, компрессора 1, пневмораспределителя 3, пневмомагистралей (напорной 2, исполнительной 10, 11, выбросной 26, 27) и входящего в корпус 21 плунжера 20. В дополнение высевающий аппарат включает дополнительный бункер 23, две пневмокамеры и семяпровод.

Принцип работы высевающего устройства заключается в следующем: в пневмокамерах 12, 13 диафрагмы 14, 15 оказывают воздействие на штоки 16, 17 и подводки 18, 19, которые приводят в движение плунжер 20. В плунжере имеются два поперечных сквозных отверстия, оси которых располагаются на расстоянии, равном разности длины между осями выпускных отверстий бункера 22, 23 и длины амплитуды движения плунжера. В пневмомагистралях при смене направления потока атмосферного воздуха осуществляется знакопеременное смещение диафрагм 14, 15 и штоков 16, 17, воздействующих на плунжер 20, и вызывают возвратно-поступательное перемещение. Для установки ритма работы пневмораспределителя используется перфорированный диск, с установленными свето- и фотодиодами по обоим краям диска. Диск приводится в движение при помощи опорного колеса.

Данное техническое решение позволяет повысить производительность посева и увеличить точность высева семян в шахматном порядке.

3.2. Машины для ухода за посевами сахарной свёклы

С применением комплексной механизации посева свёклы на конечную густоту насаждения, подразумевающей полное исключение ручного труда, до сих пор нет эффективных машин для удаления сорных растений. В середине и практически до конца XX века, в виду отсутствия гербицидов, использовались разноглубинные междурядные обработки, главными недостатками которых являлись малая производительность, повышенная минерализация гумуса, и в целом снижалась продуктивность растений.

С конца 1990-х до начала 2000-х гг. полностью были исключены междурядные обработки, и заменены на гербициды. Но в связи с этим повышалась фитотоксичность растений, снижение аэрации почвы из-за возникающей корки и повышенными затратами.

В связи с этим необходимо разработать более совершенные технологии возделывания культуры с оптимальным сочетанием агротехнических и химических способов борьбы с сорными растениями.

Машина для ухода за посевами с механическим листоподъёмником

В ЦЧР подавляющее большинство хозяйств для ухода за посевами сахарной свёклы используют штанговые опрыскиватели, основной недостаток которых – попадание на ботву гербицидов, чем вызывается фитотоксичность, что в конечном итоге снижает густоту стояния растений и замедление роста. В качестве альтернативы авторами [69, 79] предлагается агрегат, вносящий химикаты в защитную зону рядка без непосредственного контакта с листьями сахарной свёклы.

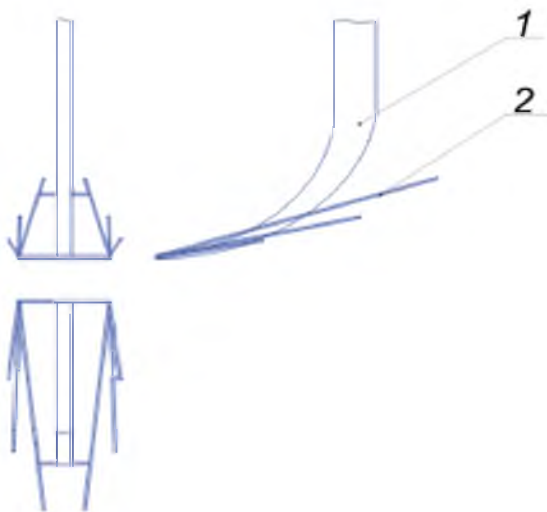


Рисунок 3.8 – Чертёж листоподъёмника

Собранный на базе пропашного культиватора агрегат состоит из листоподъёмника 2, защитных щитков 3, исключающих попадание химикатов на ботву растений 1. Под щитками находятся два щелевых инжектора, распыляющих химикаты в защитную зону рядка.

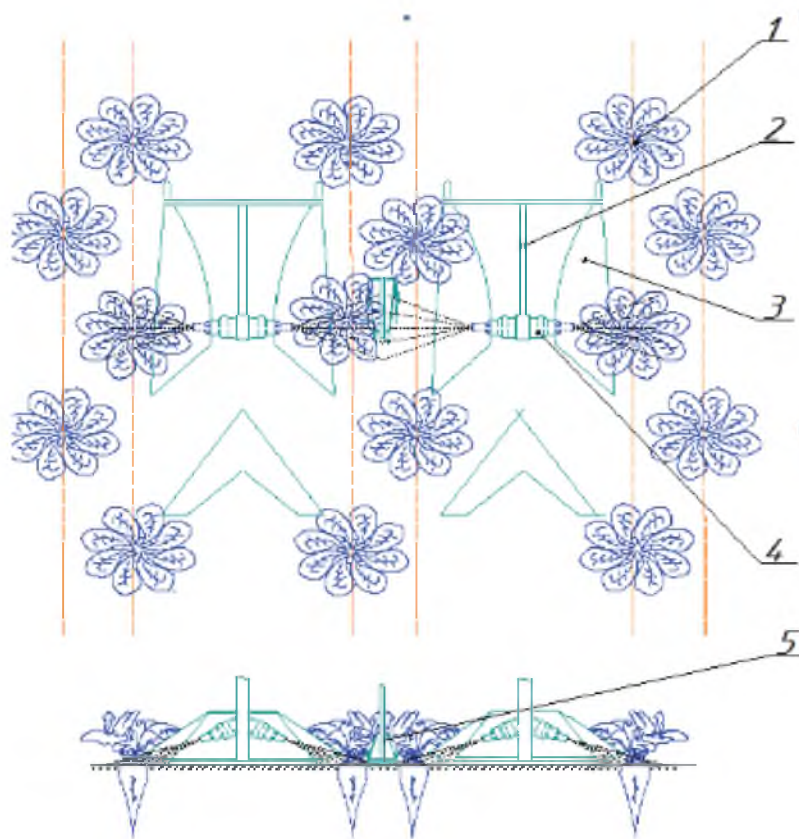


Рисунок 3.9 - Машина для ухода за посевами по схеме 45x15 см
 1 – сахарная свёкла, 2 – листоподъёмник, 3 – защитные щитки, 4 –
 распыляющее устройство, 5 – межстрочные листоподъёмники



Рисунок 3.10 – Фото предлагаемой машины

Преимуществом разработки является снижение издержек при возделывании свекловичных растений, а также, вследствие снижения вероятности появления фитотоксичности, увеличить качество свёклы.

Машина для ухода за посевами свёклы с пневматическим листоподъёмником

Агрегат [70, 79] представляет собой пропашной культиватор, на раме которого установлены форсунки для внесения гербицидов в защитную зону рядка. Для предотвращения попадания химикатов на ботву и снижения повреждаемости листьев, на машине установлен листоподъёмник. Он представляет собой воздуховод с отверстиями, который расположен под углом, равным углу естественного роста ботвы. Его использование позволяет снизить вероятность фитотоксичности, что, несомненно, положительно сказывается на будущем урожае.



Рисунок 3.11 – Машина для ухода за посевами (общий вид)

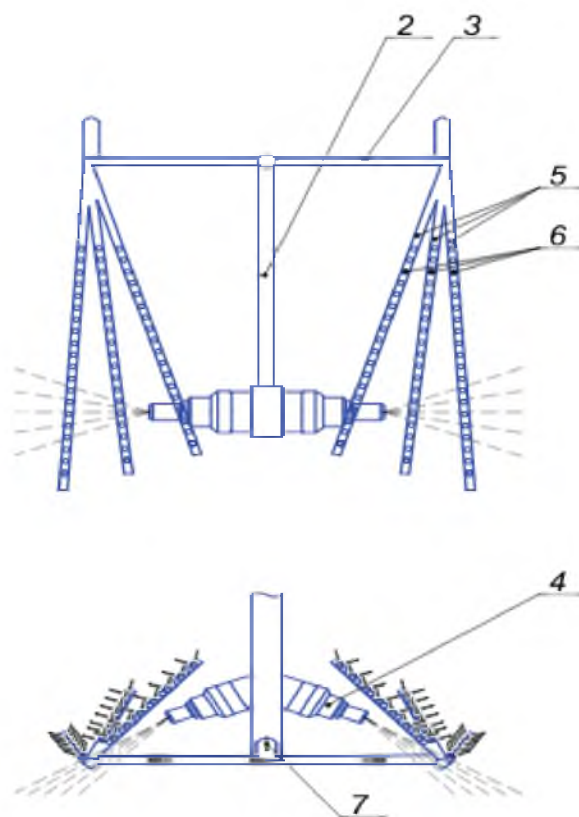


Рисунок 3.12 – Чертёж пневматического листоподъёмника

2 – стойка, 3 – пневматический листоподъёмник, 4 – инжектор, 5 – воздуховоды, 6 – отверстия, 7 – штуцер

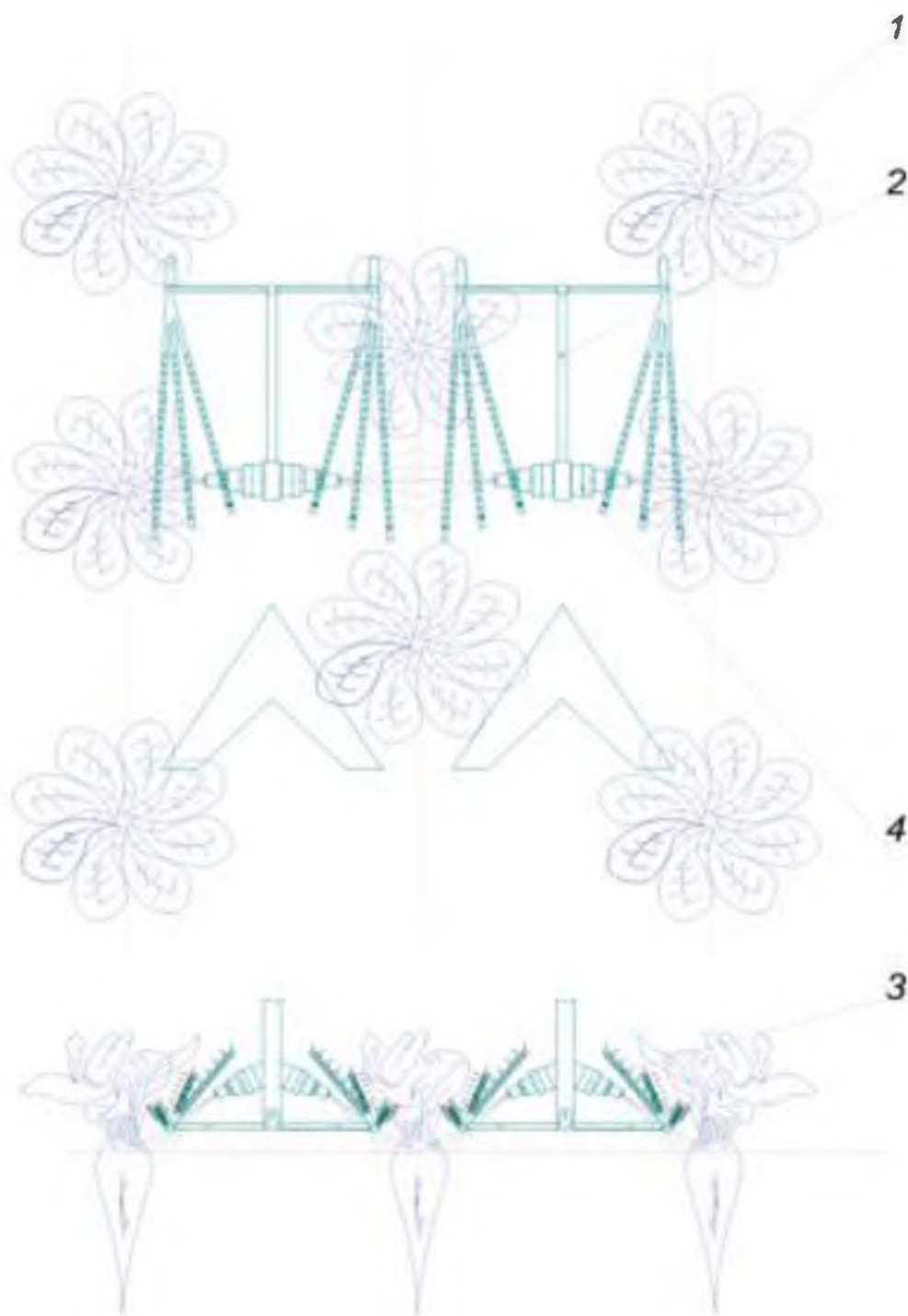


Рисунок 3.13 – Чертёж машины и схема её работы

*1 – листья сахарной свёклы, 2 – стойка, 3 – листоподъёмник пневматический,
4 – инжектор.*

3.3. Машина для уборки сахарной свёклы по схеме 45x15 см

Для уборки корнеплодов, авторы [79] предлагают следующий вариант корчевателя.

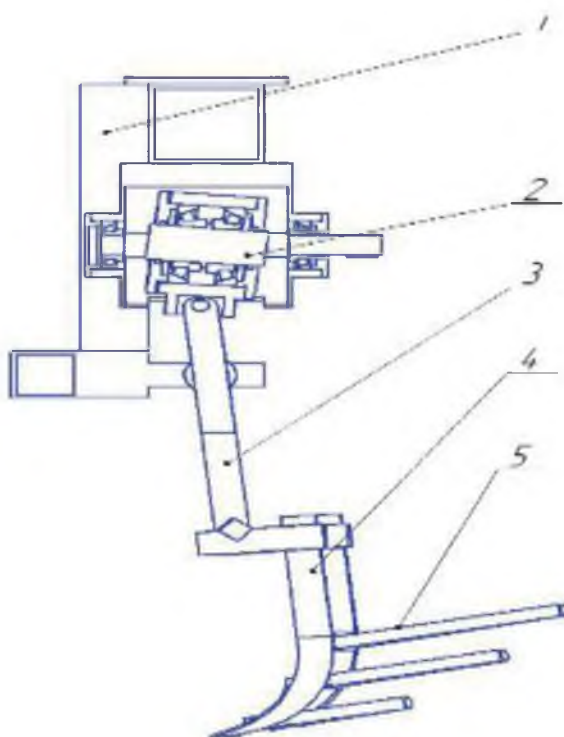


Рисунок 3.14 – Схема разработанного виброкопателя

1 – рама, 2 – узел вибрации, 3 – шатун, 4 – долотообразная стойка, 5 – пруток

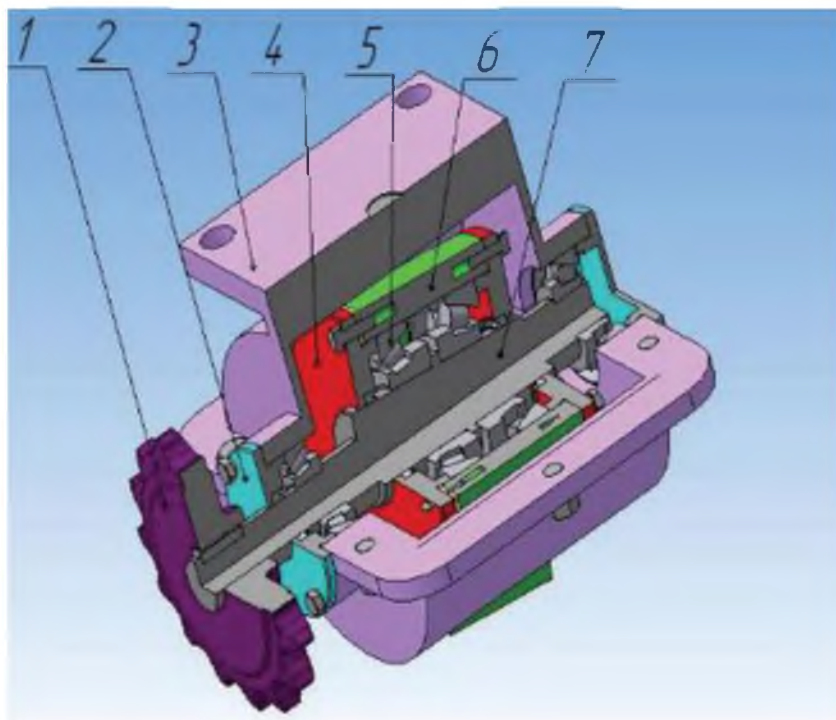


Рисунок 3.15 – Узел вибрации

1 – звездочка, 2, 4 – крышка, 3 – корпус, 5 – подшипник, 6 – стакан, 7 – вал.



Рисунок 3.16 – Фото корчевателя

Работа агрегата осуществляется от ВОМа трактора. При движении трактора корчеватель выкапывает корнеплоды, причём фронтальная часть стойки, выполненной в виде двух долотообразных рыхлителей, рыхлит почву, а рабочая и задние части корчевателя, изготовленные в виде прутков, извлекают и очищают корнеплоды от почвы.

Т.к. площадь контакта рабочей части корчевателя с почвой значительно ниже аналогичных машин, агрегат выигрывает преимущество при высокой влажности почвы.



Рисунок 3.17 – Общий вид уборочной машины



Рисунок 3.18 – Вибрационный копатель в работе

4. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРОГРАММНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1. Методика определения схемы посева маточной сахарной свёклы

Получение семян сахарной свёклы является двухфазным процессом. Анализ технологий выращивания маточников показывает, что в нашем Центральном-Чернозёмном регионе наиболее приемлемым является высадочный способ выращивания мелкими корнеплодами. Для получения штеклингов необходимо осуществлять посев загущенным способом. Причём масса семенников должна быть не 250-500 г, как в традиционном способе, а 25-150 г [46].

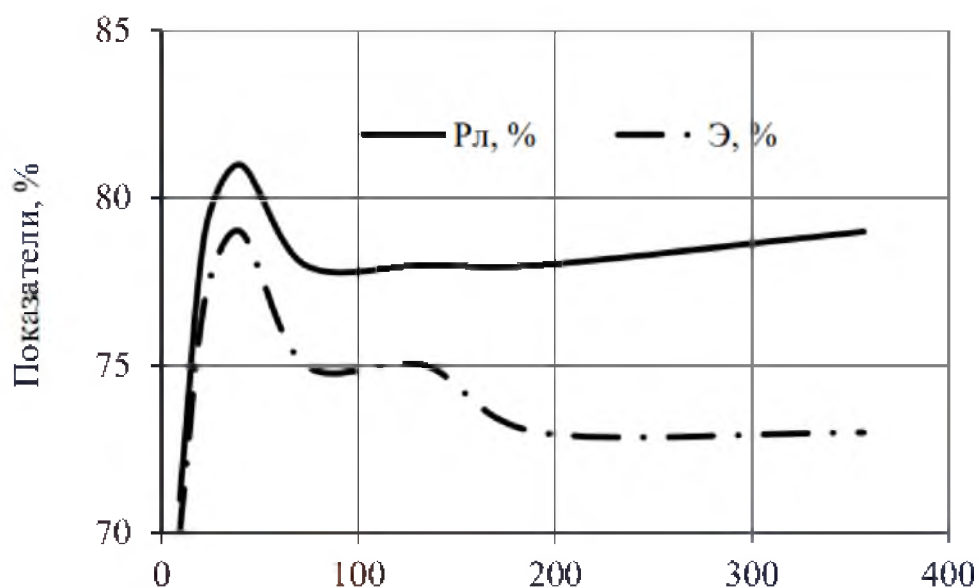
С точки зрения рентабельности производства метод штеклингов даёт определённую выгоду, т.к. из-за увеличения коэффициента выхода посадочных корнеплодов можно существенно уменьшить площади под маточной сахарной свёклой.

С точки зрения агрономии метод исключает операцию прореживания, вследствие чего возникает явление самоизреживания всходов в результате явления естественного отбора. Поэтому выживают наиболее приспособленные растения, и свои способности к жизни передают потомству [38].

Для получения штеклингов соответствующего качества и в нужном количестве, необходимо норму высева увеличить до 1 млн семян на гектар. Из всех корнеплодов, убранных с гектара, лишь только 30-35% пригодны в качестве семенников. Оптимальные параметры штеклинга: вес – 80..120 г, диаметр верхушки – 3..5 см. Полученного урожая хватит для посева около 10 га посевной площади [44].

Исследователь Гизбулин Н.Г. [105] считает, что при использовании корнеплодов массой до 30 г в качестве посадочного материала, получают семена не уступающие по качественным показателям маточным корнеплодам среднего (150..300 г) и крупного (300..800 г) размеров. По причине того, что корнеплоды массой 11..50 г имеют преимущественно мощные центральные

стебли, всхожесть и энергия прорастания семян выше, чем у крупных и средних корнеплодов.



Рл – лабораторная всхожесть, Э – энергия прорастания семян

Рисунок 4.1 - Зависимость лабораторной всхожести и энергии прорастания семян сахарной свеклы от массы маточника

Логично, что посев сеялками точного высева с большой густотой насаждения по факту не достигим. Т.е. при норме высева 50 шт./м и ширине междурядья 45 см возможно получить максимально 1,11 млн шт./га. При анализе используемых схем посева было установлено, что для посева маточной сахарной свёклы оптимальная ширина междурядий составляет 22,5 и 30 см [45]. Но в данном случае возникает затруднение с посевом существующими сеялками и уход за посевами средствами механизации, особенно трудности возникают при уборке корнеплодов. Осуществлялись полевые эксперименты по поиску альтернативных технологий возделывания маточной сахарной свёклы по схемам: 22,5x22,5x45 см и 30x30x45 см.

Осуществлённые нами теоретические исследования посредством математического моделирования [39] позволили воссоздать в математическом виде технологии производства маточников, вплоть до получения семян. В результате предложена оптимальная схема посева 45x15 см. Расстановка

посевных секций с учётом схемы посева и ширина колеи трактора изображена на рисунке 4.3.

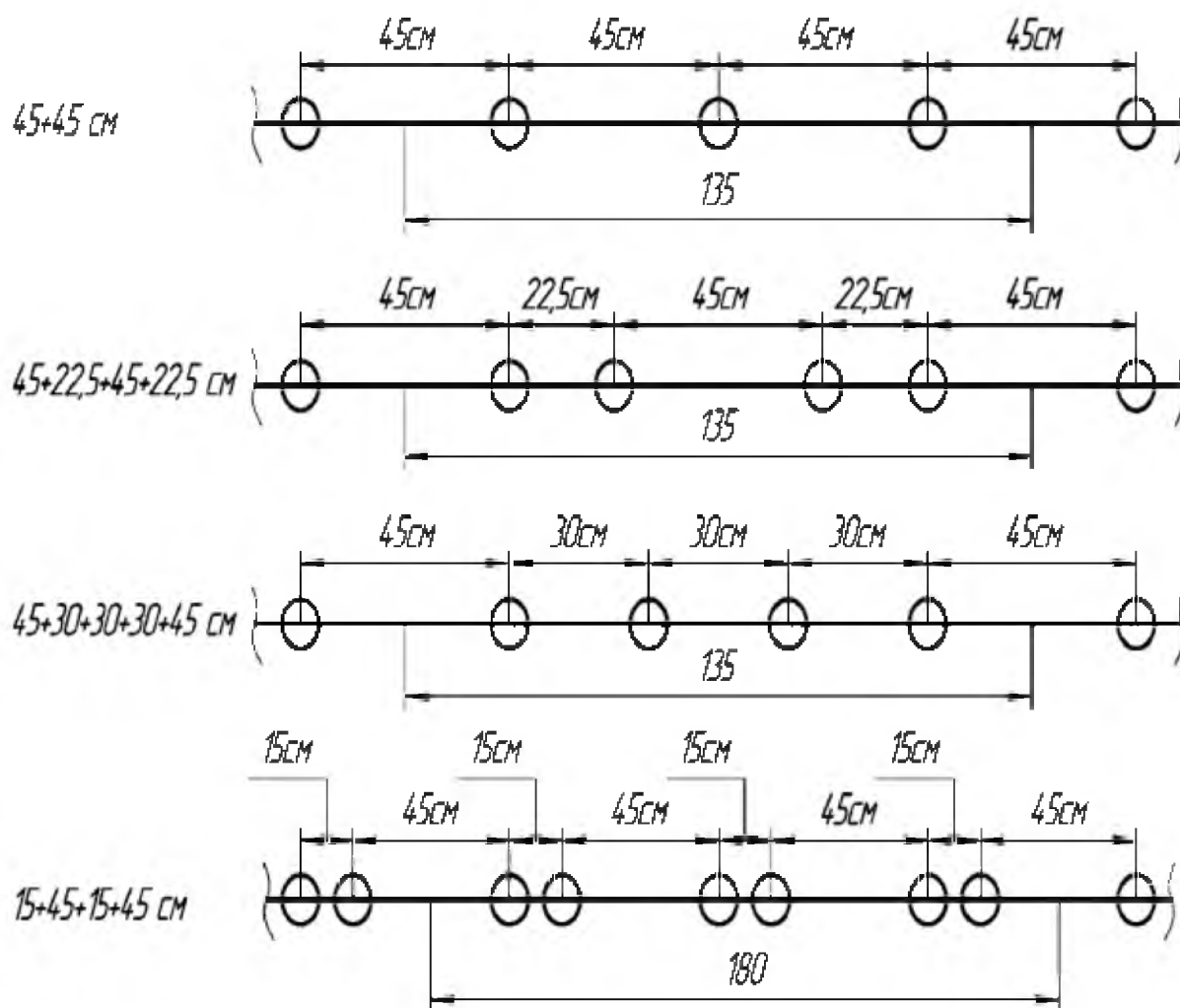


Рисунок 4.2 - Схемы посева семян сахарной свёклы с учётом колеи трактора

**4.2. Методика определения допустимой скорости вращения
высевающего аппарата по показателю заполняемости ячеек
высевающего диска**

В качестве опытного образца для исследований и модернизирования мы используем сеялку ССТ -12Б [59].

Таблица 4.1 - Техническая характеристика сеялки ССТ – 12Б

Тяговый класс агрегирующего трактора	1,4 – 2
Рабочая скорость, км/ч	7,2
Масса, кг	1330
Производительность, га/ч	3,9
Ширина:	
захвата, м	5,4
междурядий, см	45
Глубина заделки семян, см	до 6
Норма высева	
семян, шт/м(пог.)	8-35
удобрений, кг/га	70-355
Вместимость бункера, дм ³	
семенного	195
тукового	280
Изготовитель	ЗАО «Белинсксельмаш»

Таблица 4.2 - Исходные данные для исследования

Механический аппарат	ССТ–12Б
Диаметры дисков на уровне ячеек	dk = 0,22 м;
Количество ячеек на дисках, шт.	z = 90 (однорядный диск);
Масса 1 тыс. семян сахарной свеклы	Mc = 17,6 г (определяется в начале опыта).

Передаточное отношение привода от валов со счетчиками оборотов к валам высевающих дисков	1:7;
--	------

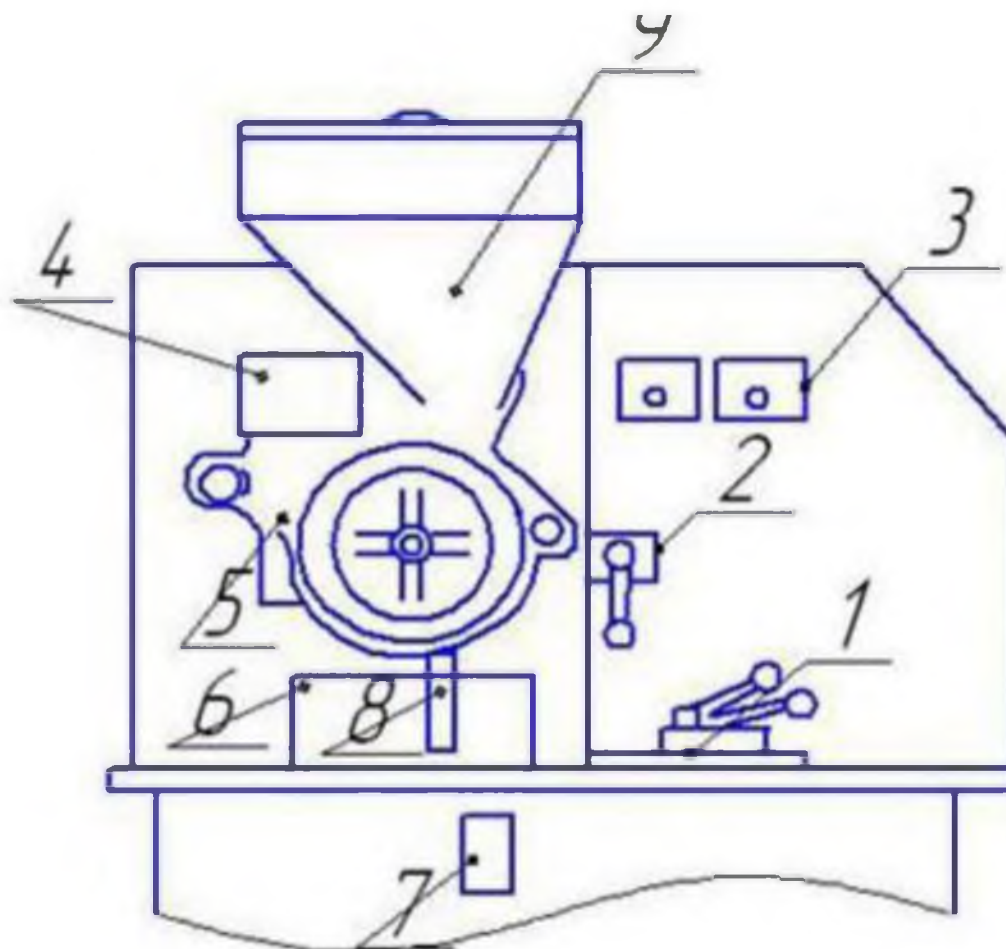


Рисунок 4.3 - Стенд для испытания ячеисто-дисковых высевающих аппаратов

1 – редуктор; 2 – муфта сцепления; 3 – счетчики оборотов; 4 – датчик оборотов; 5 – высевающий аппарат; 6 – лоток; 7 – магнитный пускатель; 8 – делитель потока

Оборудование и приборы:

1. Стенд для испытания ячеисто-дисковых высевающих аппаратов.
2. Высевающий аппарат сеялки ССТ-12Б
3. Электронные весы
4. Семена сахарной свёклы

Семена сахарной свёклы засыпаются в бункер сеялки. Устанавливаем приёмные лотки под высевающий аппарат, счётчики количества оборотов переводим на начало отсчёта. Включаем двигатель на 60 с, записываем в таблицу количество оборотов диска, а семена, оказавшиеся в лотке, взвешивают. То же самое проделываем и на других частотах вращения. Затем высчитываем по формуле и записываем в таблицу скорости вращения диска и коэффициенты заполнения ячеек. После составления таблицы строим график зависимости коэффициента заполнения ячеек от скорости вращения диска, приняв предельный коэффициент заполнения $k_3 = 97\%$.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{60}, \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Таблица 4.3 - Определение коэффициента заполнения диска

№ опыта	Количество оборотов диска, N_d , мин ⁻¹	Масса семян в лотке m_c , г		Скорость вращения диска v , м/с	Коэффициент заполнения ячеек k_3 , %
		Фактическая	Расчётная		
I	2,26	3,915	3,580	0,026	109,362
II	2,71	4,268	4,293	0,031	99,426
III	2,9	4,481	4,594	0,033	97,549
IV	3,31	4,798	5,243	0,038	91,512

В результате опыта выяснили, что наибольшая эффективность посева достигается при скорости диска 0,033 м/с.

4.3. Методика проведения исследования распределения семян на липкой ленте

Главным критерием качества работы высевающего устройства является точность заделки семян по длине и ширине семенного ложа. Экспериментально это проверяется посредством высева семян на липкую ленту [89].

Для проверки качества распределения семян в рядке делителем потока на сеялку ССТ-12В с нормой высева 25 шт/м, описанным в главе 3.1, мы использовали экспериментальную установку, разработанную на кафедре сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей Воронежского ГАУ. Установка изображена на рисунке 4.4.

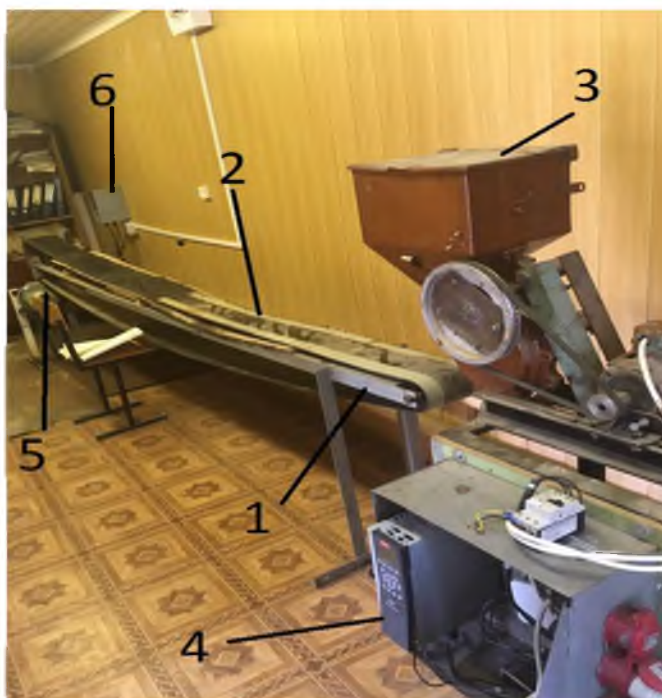


Рисунок 4.4 – Экспериментальная установка для посева семян сахарной свеклы с шириной междурядья 15 см

1 – рама установки; 2 – липкая лента; 3 – высевающий аппарат; 4 – частотник для привода ленты; 5 – мотор-редуктор; 6 – частотник для привода мотор-редуктора.

Установка предназначена для учета нормы высева семян и качества распределения семян сахарной свеклы на клейкой ленте загущенным способом с междурядьем 15 см одним высевающим аппаратом. Конструкция состоит из металлической рамы 1, ленточного транспортера 2 и закреплённой над ней

сеялки 3, работающей от электропривода с установленным делителем потока. Для регулирования скорости ленты и сеялки были приобретены и установлены частотники 6 VLT® Automation Drive компании Danfoss. Общий вид высевающего аппарата с приводом представлен на рисунке 4.5.

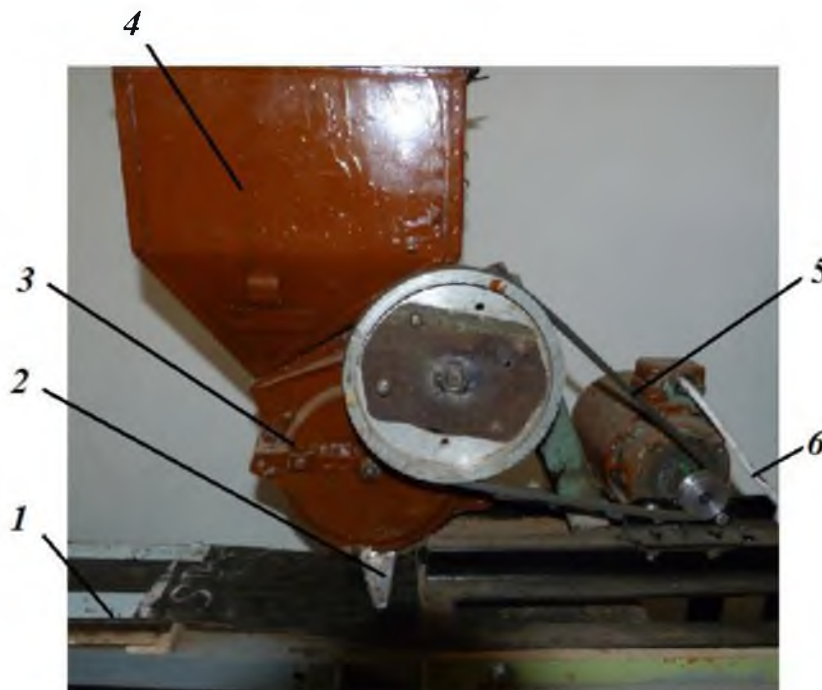


Рисунок 4.5 – Общий вид экспериментального высевающего аппарата

1 – липкая лента; 2 – направлятель семян, 3 – высевающий аппарат; 4 – бункер для семян; 5 – привод; 6 – кабель присоединения к частотнику

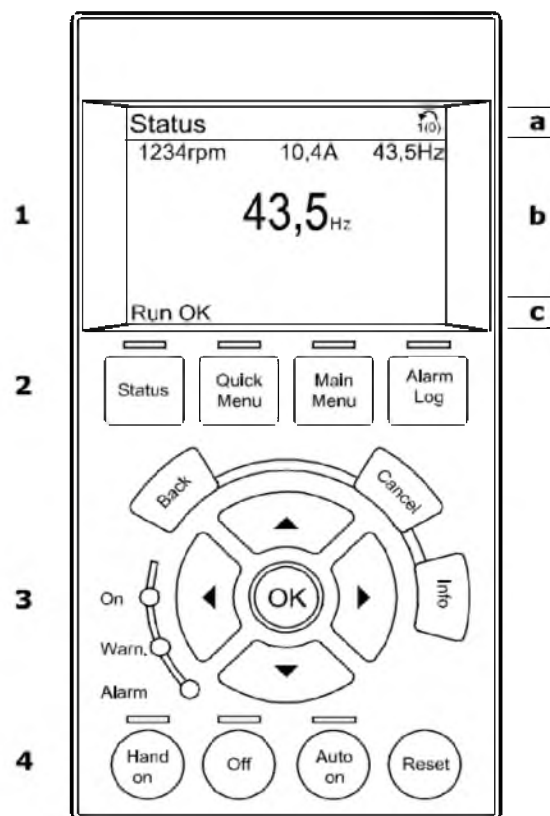
Механизм высевающего устройства используется от сеялки ССТ-12Б. Высевающий диск имеет два ряда с 90 ячейками на каждом рядке. Между рядами ячеек прорезан паз для установки направлятеля семян 2, который направляет поток семян с каждого ряда и подаёт на расстояние 15 см на липкую ленту. Делитель потока своим выступом входит в паз и удерживается двумя штифтами, которые одновременно удерживают клиновидные сбросиватели семян.

Диск высевающего устройства вращается электродвигателем, частоту вращения которого изменяли при помощи частотника [87, 92] VLT Automation Drive (рисунок 4.6). Частота вращения диска замерялась на ведомом шкиве

привода, а через передаточное отношение определяем частоту вращения непосредственно высевающего диска.



Общий вид частотника



Панель управления

Рисунок 4.6 – Частотный преобразователь VLT Automation Drive

1 – графический дисплей со строками состояния, 2 – кнопки меню, позволяющий измерить параметры и переключения функции дисплея, 3 – навигационные кнопки, 4 – кнопки управления (светодиоды), а – строка состояния, б – строка данных оператора для отображения данных, с – текстовое состояние о состоянии.

В начале опыта проводили соответствующие регулировки высевающего аппарата на необходимую норму высева, частоту вращения высевающего диска, и регулировки ленты транспортёра, имитирующего поверхность поля. Затем мы проводим тарировку установок. Для определения частоты на валах привода высевающего аппарата и вала привода шкива ленты нами использован электронный тахометр марки СЕМ DT-6236В (рисунок 4.7) Данный тахометр определяет среднее значение частоты вращения.



Рисунок 4.7 – Общий вид тахометра

Таблица 4.4 – Метрологические данные высевающего диска и ленты

Параметры	Высевающий диск	Лента
d	0,22	0,3
i	6,93	0,295
π	3,14	3,14
r	0,11	0,15

Измерения проводили три раза для уменьшения влияния случайной ошибки [32]. Результаты полученных данных тарировки приведены в таблицах 4.5 – 4.6

Таблица 4.5 – Результаты тарировки окружной скорости высевающего диска

Показания частотника, об/мин	Высевающий диск, об/мин			
	1 замер	2 замер	3 замер	Среднее
40		15		15,00
50	15	15	18	16,00
60	20	18	19	19,00
70	20		20	20,00
80	20	20	21	20,33
90	25		23	24,00
100	25	25	28	26,00
110			28	28,00
120	30	28	30	29,33
130			33	33,00
140	35	35	33	34,33
150			38	38,00
160	38	38	39	38,33
170			40	40,00
180	40	40	45	41,67
190			45	45,00
200	50	45	49	48,00
210			50	50,00
220	50	48	51	49,67
230			55	55,00
240	55	55	59	56,33
250			61	61,00
260	58	60	61	59,67
270			65	65,00
280	60	62	65	62,33
290			69	69,00
300	68	70	69	69,00

Таблица 4.6 – Результаты тарировки скорости ленты

Показания частотника, Гц	Скорость ленты, м/мин			
	1 замер	2 замер	3 замер	Среднее
1,0		1,1	1,1	1,100
2,0		1,8	1,8	1,800
3,0	2,0	2,0	2,0	2,000
4,0	2,2	2,5	2,2	2,300
5,0	2,8	3,1	3,0	2,967
6,0	3,4	3,5	3,2	3,367
7,0	3,5	3,8	3,8	3,700
8,0	4,1	4,5	4,1	4,233
9,0	4,8	4,8	4,9	4,833
10,0	5,1	5,0	5,1	5,067
11,0	5,5	5,5	5,3	5,433
12,0	6,0	6,1	6,7	6,267
13,0	6,1	6,5	6,5	6,367
14,0	6,8	6,7	6,9	6,800
15,0	7,1	7,5	7,1	7,233
16,0	7,8	7,8	7,9	7,833
17,0	8,1	8,1	8,1	8,100
18,0	8,8	8,8	8,5	8,700
19,0	9,0	9,1	9,1	9,067
20,0	9,5	9,5	9,5	9,500

Для более наглядного представления данных по тарировке мы строим графики (рисунок 4.8 и 4.9).

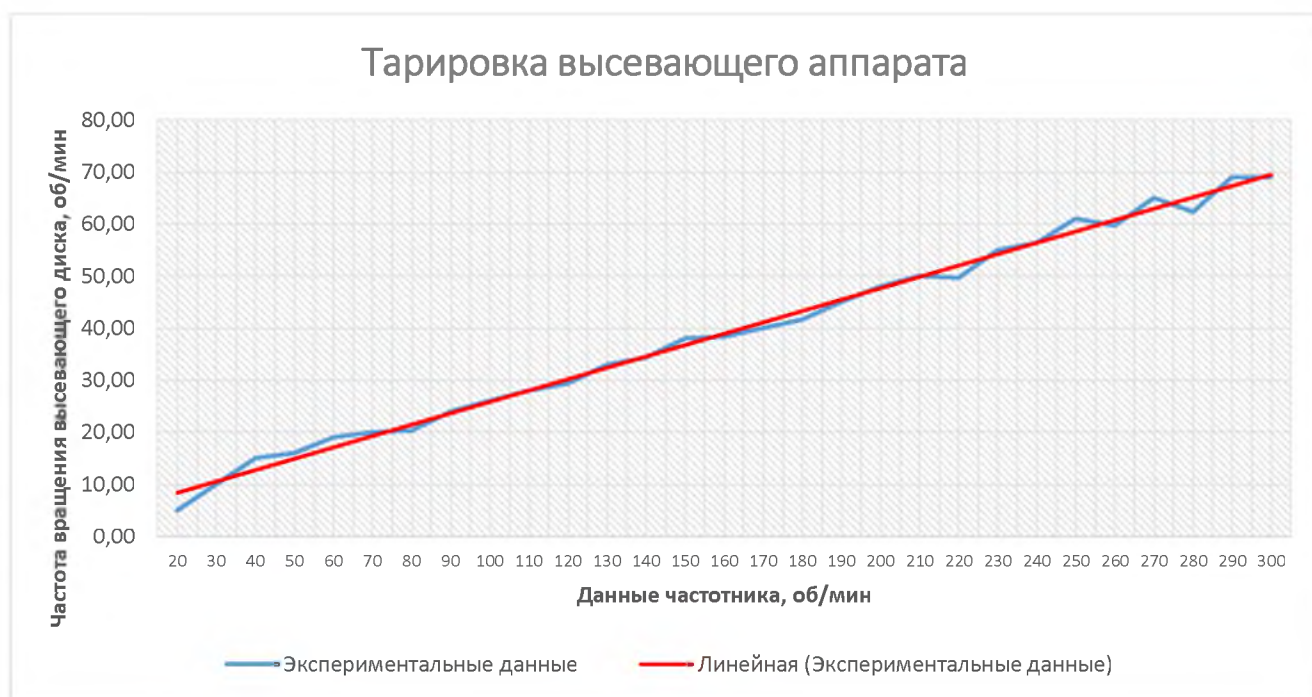


Рисунок 4.8 – Тарировочный график частоты вращения высевающего аппарата

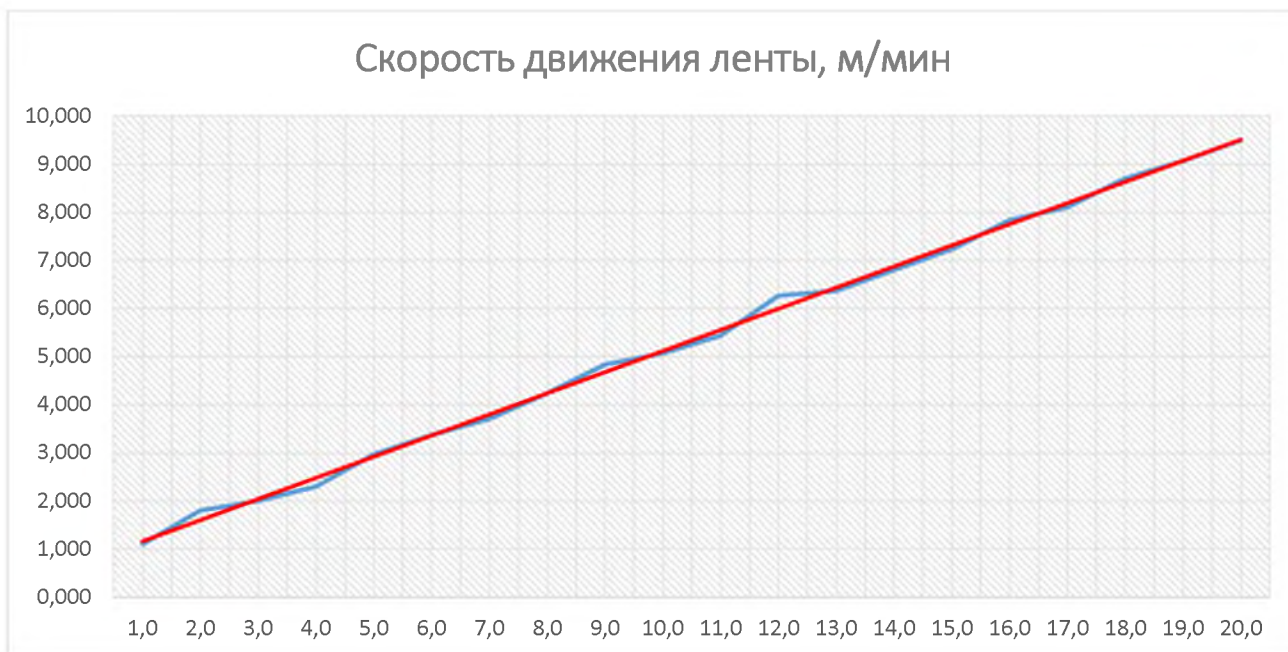


Рисунок 4.9 – Тарировочный график скорости вращения ленты

Исследуя данный график, делаем вывод, что окружная скорость и линейная скорость ленты прямо пропорциональны показателям частотника. Далее проводим эксперимент непосредственно с высеваящим материалом.

На ленту наклеивается две двухсторонней клейкой ленты «Герлент» марки Б шириной 8 см на расстоянии 15 см друг от друга (рисунок 4.10). После заполнения бункера семенами, включаем электродвигатели ленточного транспортёра, а затем высеваящего аппарата, заблаговременно исключая попадания семян на ленту во время неустойчивой пусковой работы с помощью коробки. Скорость ленты подбирали по требованию агротехники посева моркови [89]. В момент установившегося движения коробку из высеваящего аппарата убирается, чтобы семена из бункера попадали на липкую ленту. После окончания отрезка ленты, привод машин отключался. Затем измеряли расстояние между семенами по длине ленты и разброс их по ширине, результаты заносились в журнал и подвергались математической обработке в дальнейшем. Опыты повторяли три раза.

Оптимальная окружная скорость высеваящего диска определялась по величине коэффициента заполнения ячеек семенами и по исследованию

принималась равной 0,033 м/с (глава 4.1). Норма высева семян принималась 25 шт./м.



Рисунок 4.10 – Липкая лента лабораторного стенда

В конце опыта мы измеряли расстояние между семенами на ленте. Данные записывали в сводную таблицу, которую для наглядности мы преобразовали в график (рисунок 4.11 - 4.12).

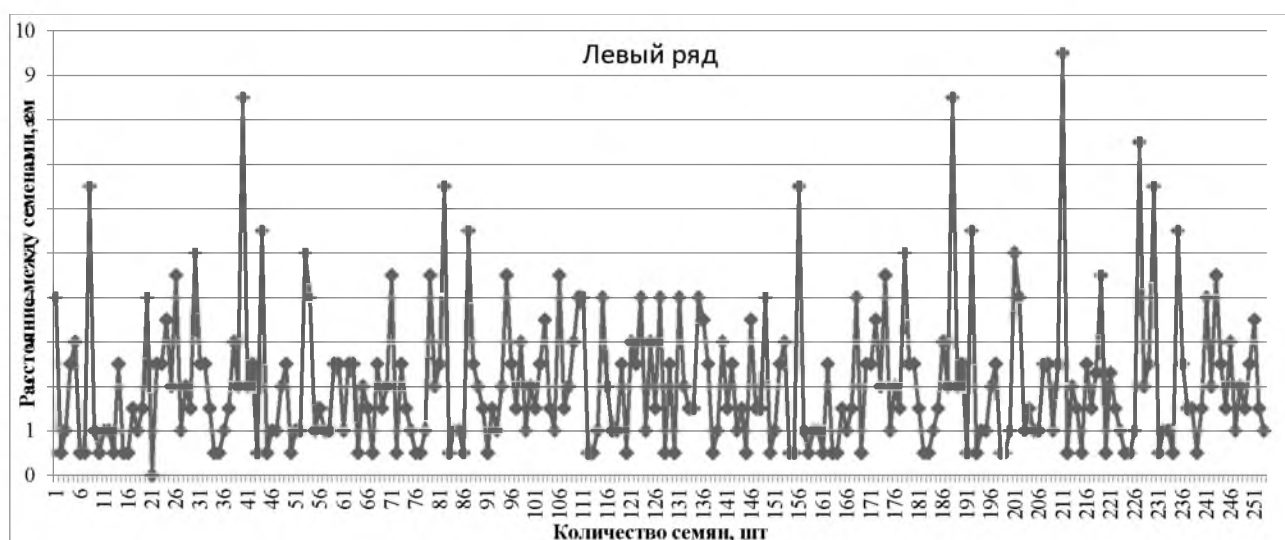


Рисунок 4.11 - Расстояние между семенами на ленте, при скорости 0,82 м/с (левый ряд)

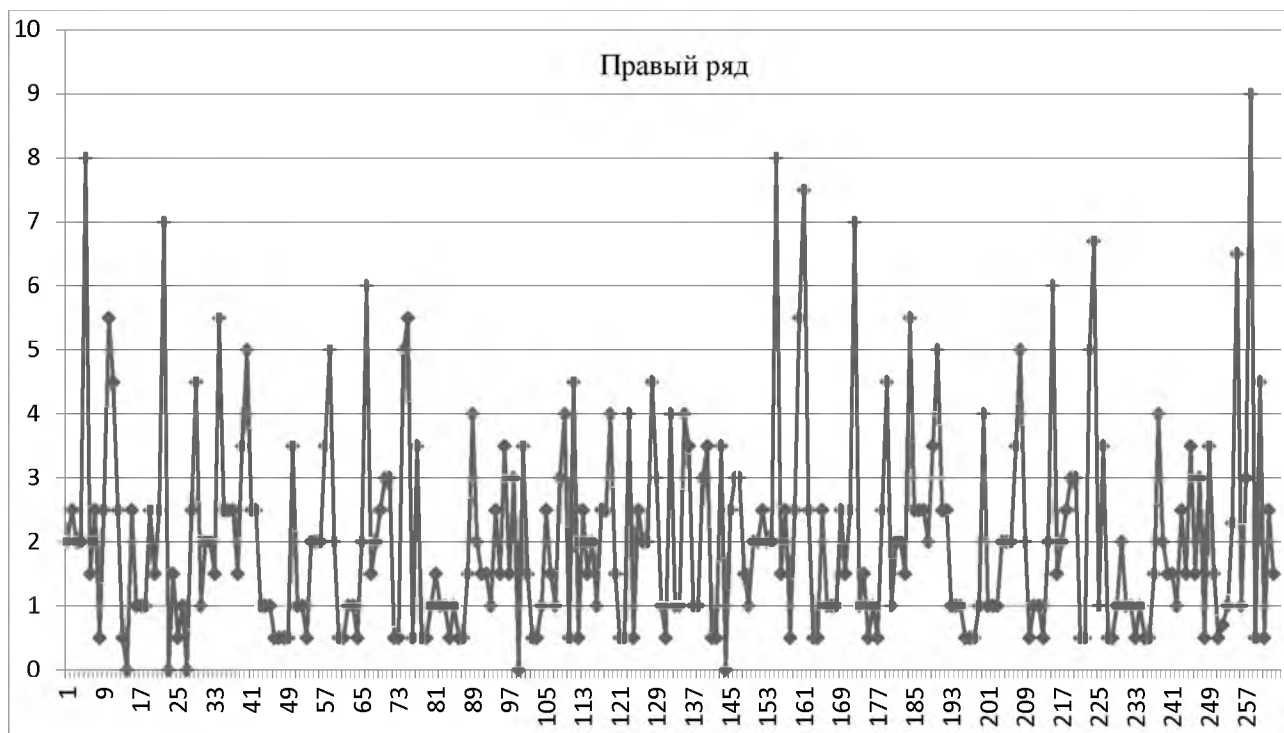


Рисунок 4.12 - Расстояние между семенами на ленте, при скорости 0,82 м/с (правый ряд)

Аналогичные графики мы получаем на скоростях 1,07; 1,30; 1,46 и 1,62 м/с, приведённые в *приложении*. Анализ исследования приведён в главе 6.1.

4.4. Математическая формулировка задачи и построение алгоритма в системе MathCAD

Показатели урожайности с/х культур, в особенности пропашных, имеют зависимость от многих условий, имеющих рандомный характер, и в большинстве случаев не поддаются учёту [15, 90]. Чтобы решить проблему учёные используют большой объём статистических данных, полученных в результате теоретических, лабораторных, полевых, экспериментальных и логических исследований.

Исходя из вышесказанного легко предположить, что наиболее эффективным способом учёта показателей урожайности культур является имитационное моделирование [50, 56]. Моделирование воспроизводит процессы развития культуры с точностью, близкой к реальной.

Моделирование процесса роста сахарной свёклы в системе MathCAD описано в статье [47], поэтому в данной главе затронем лишь порядок расчёта, а также особенности расчёта при помощи программирования. Основа любой программы – алгоритм (точное предписание, определяющее процесс перехода от исходных данных к искомому результату). Необходимо, чтобы он обладал следующими свойствами [94]:

- Определённостью (точность, нет места произволу).
- Массовость (значения исходных данных меняются в известных пределах).
- Результативность (должен быть получен искомый результат).

В первую очередь мы вводим переменные, на которых основывается вычисление: полевая всхожесть, коэффициент вариации интервалов между семенами, и др. Прописываем также в исходных данных выбор схемы посева. Для более наглядного выбора альтернативы, мы используем управляемый элемент (список), где указываем текстовый массив данных по схемам посева. В связке с этим элементом вводим матрицу средних величин междурядья (см).

Листинг 4.1. Исходные данные в программе MathCAD

Программа для расчета урожая сахарной свеклы в зависимости от схемы посева.

Схема посева, см

Средняя величина междурядья:

45x15
45x45
56x56
45x30
45x22,5

$b_{ср} := (0 \ 0.309 \ 0.45 \ 0.56 \ 0.375 \ 0.336)$

После ввода независимых переменных, перейдем к непосредственным вычислениям. Примем, что плотность распределения интервалов между растениями при выходе из высевашеющего устройства подчинена нормальному закону со следующими числовыми характеристиками: среднеквадратическое отклонение σ и математическое ожидание m . [15, 24, 42, 47].

$$f(x) = \text{dnorm}(x, m, \sigma) \quad (4.1)$$

Логично, что соблюсти абсолютную точность в распределении посевного материала невозможно, и при увеличении нормы высева в бороздах на дне появляется нарушение последовательного расположения семян, относительно порядка их выхода из высевашеющего устройства (так называемая инверсия семян) [15, 17, 91]. Учтем фактор инверсии в следующей формуле:

$$f_1(x) = f(-x) + f(x) \quad (4.2)$$

В результате получаем условную кривую плотности распределения с числовыми характеристиками m_y и σ_y . Т.к. возникает вероятность появления малых интервалов, то вычислим данную вероятность по формуле:

$$P_1 = \int_{-\infty}^0 f(x) dx \quad (4.3)$$

При переносе отрицательных интервалов в положительную область, уменьшаются размеры двух соседних интервалов, с вероятностью $2 * P_1$. На эту же вероятность увеличивается количество малых интервалов. Эмпирически

было установлено, что при учёте вторичной инверсии данная величина соответствует $1,917 * P_1$.

Согласно вышесказанному, введём поправочную функцию, учитывающую инверсию семян сахарной свёклы:

$$q_1(x) = 1 - 1,917 * P_1 * \frac{x - m_y}{m_y} \quad (4.4)$$

Плотность вероятности реального трансформирования нормального распределения, с учётом инверсии имеет вид:

$$f_2(x) = q_1(x) * f_1(x) \quad (4.5)$$

Затем мы проводим вычисление числовых характеристик ряда с учётом инверсии семян в борозде: мат.ожидание, дисперсия, среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации (листинг 4.2).

Листинг 4.2. Числовые характеристики ряда в MathCAD

Математическое ожидание:	$m_2 := \int_0^{100} x \cdot f_2(x) dx$
Дисперсия:	$d_2 := \int_0^{100} (x - m_2)^2 \cdot f_2(x) dx$
Среднеквадратическое отклонение:	$\sigma_2 := \sqrt{d_2}$
Коэффициент вариации:	$V_2 := \sigma_2 \cdot m_2^{-1}$

Следующим шагом у нас будет вычисление плотности распределения интервалов между растениями, с учётом полевой всхожести семян и инверсии по формуле [51]:

$$f_3(x) = \sum_n (p * q^{n-1} \cdot \text{dnorm}(x, m(n), \sigma_2)) \quad (4.6)$$

где q – вероятность появления невсхожих семян, $q = 1 - p$;

n – количество интервалов, кратных математическому ожиданию с учётом полевой всхожести семян;

$m(n)$ – математическое ожидание интервалов между растениями ($m, 2m, 3m$ и т.д.);

σ_2 – среднеквадратическое отклонение

Интегрируя данную функцию в пределах от 0 до 150, получим вероятное количество корнеплодов от 25 до 800 г:

$$P(g_i) = \int_{x_i}^{x_{i+1}} f_3(x) dx \quad (4.7)$$

где g_i – расчётная масса маточника, г.

Зададим числовой ряд расстояний между всходами матрицей. Для автоматизации данного процесса используем цикл *for* (листинг 4.3).

Листинг 4.3. Заполнение матрицы расстояний между всходами с помощью цикла *for*

Расстояние между всходами зададим матрицей, см

```
xs := | for ik ∈ 0..41
      | | X0,ik ← ik·2.5 if ik < 41
      | | X0,ik ← 150 if ik = 41
      | X
```

Безусловно, во время вегетации близко расположенные корнеплоды сахарной свёклы угнетают друг друга и могут даже погибнуть. Для учёта данного фактора используем следующее выражение:

$$N_n = \frac{146}{x_1 + x_2} \quad (4.8)$$

где x_1 и x_2 - расстояния, прилегающие к растению слева и справа.

Анализ выражения (4.8) показывает, что чем ближе находятся всходы, тем большая вероятность того, что они погибнут.

Определим количество растений на 1 га п, используя необходимый столбец матрицы *bsr* (листинг 5.1). Для перевода векторного значения столбца

матрицы в скалярный вид, используем операцию вычисления детерминанта [94].

$$N = \frac{10\,000 * 100}{b_{cp} * m_p} \quad (4.9)$$

где, b_{cp} - средняя ширина междурядья, в м. Для различных схем посева сахарной свёклы b_{cp} определена в работе [48].

Для того, чтобы задать матрицу вероятного количества корнеплодов, в зависимости от расстояния между посевами, используем операцию интегрирования (4.7) с вложенным циклом *for* (листинг 4.4).

Листинг 4.4. Операция интегрирования с вложенным циклом *for*

```

Pxs := | for i ∈ 0..(cols(xs) - 2)
      | for j ∈ i+1
      |   ∫|xs(i)||xs(j)| f3(x) dx
      | Pxs0,i ← —————
      |                               P
      | Pxs
  
```

Для получения матрицы количества всходов на гектар, проведём скалярное произведение результата (4.9) N_0 на вероятность P_{xs} . Общее количество всходов получим, просуммировав данное произведение. Для определения сохранности растений, используем операцию с вложенным циклом (листинг 4.5).

Листинг 4.5. Расчёт сохранности растений с помощью вложенных циклов *for*

$$C_{xs} := \left| \begin{array}{l} \text{for } i \in 0..(\text{cols}(xs) - 2) \\ \quad \text{for } j \in i + 1 \\ \quad \quad C_{0,i} \leftarrow \left(1 - \frac{2 \cdot 0.73}{|xs^{(i)}| + |xs^{(j)}|} \right) \end{array} \right|_C$$

После проведённого расчёта, найдём количество корнеплодов более 100 г перед уборкой, методом произведения векторов (перемножение одноимённых столбцов матрицы), и находим их сумму.

Для определения массы корнеплодов, мы снова будем использовать операцию с вложенными циклами, дополнительно используя операцию ветвления (листинг 4.6).

Листинг 4.6. Операция определения количества корнеплодов с использованием вложенных циклов *for* и операции ветвления *if*

$$G_{xu} := \left| \begin{array}{l} \text{for } i \in 0..(\text{cols}(xs) - 2) \\ \quad \text{for } j \in i + 1 \\ \quad \quad \left| \begin{array}{l} G_{x0,i} \leftarrow G_{\max} \left[1 - 0.5 \cdot \left(e^{-0.5 \cdot |xs^{(i)}|} \cdot \lambda_1 + e^{-0.5 \cdot |xs^{(j)}|} \cdot \lambda_2 \right) \right] \text{ if } i \leq (\text{cols}(xs) - 3) \\ G_{x0,i} \leftarrow G_{\max} \left[1 - 0.5 \cdot \left(e^{-0.5 \cdot |xs^{(i)}|} \cdot \lambda_1 + e^{-0.5 \cdot |xs^{(j)}|} \cdot \lambda_2 \right) \right] \text{ otherwise} \end{array} \right. \\ \quad \quad G_x \end{array} \right|$$

При высеве с узкими междурядьями происходит уменьшение массы корнеплода, так для схемы 45x15 см снижение массы маточника можно вычислить следующим образом:

$$G(g_i) = 0,943 * g - 7,04 \quad (4.10)$$

После выполнения экономических расчётов, на выходе программы мы получаем результаты по количеству корнеплодов на гектар, урожайность сахарной свёклы и графики в зависимости от междурядья, которые мы рассмотрим и проанализируем в главе 6.

Листинг 4.7. Результаты вычислений в MathCAD

Результаты расчёта:

Схема посева:	$CP = "45 \times 15"$
Количество корнеплодов перед уборкой более 100 г	$N_0 = 1.455 \times 10^5$
Урожайность сахарной свёклы, ц/га	$U_{\text{хо}} = 654.273$
Средний интервал между семенами, см	$m_c = 20$
Полевая всхожесть	$p = 0.9$
Коэффициент вариации интервалов между семенами	$v = 0.3$

Междурядье:

$x_s =$		0	1	2	3	4	5
	0	0	2.5	5	7.5	10	12.5

Урожайность корнеплодов в зависимости от междурядья:

$U_x =$		0	1	2	3	4	5
	0	0.07	0.75	3.39	10.66	25.83	50.09

Количество растений на гектаре, в зависимости от междурядья:

$N_{x_s} =$		0	1	2	3	4	5
	0	174.57	579.582	$1.621 \cdot 10^3$	$3.819 \cdot 10^3$	$7.58 \cdot 10^3$	$1.268 \cdot 10^4$

Экономическая оценка:

Стоимость семян при посеве на 1 га, руб	$C_c = 1.294 \times 10^4$
Выручка от продажи корнеплодов, руб.	$D = 2.29 \times 10^5$
Прибыль с учётом вычета стоимости семян, руб.	$ЧП = 2.161 \times 10^5$

5. РЕЗУЛЬТАТЫ И АНАЛИЗ ЛАБОРАТОРНЫХ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.

5.1. Анализ результатов эксперимента по распределению семян в рядке

После проведения лабораторных исследований по распределению семян в рядке (глава 4.3) мы получили ломанную линию распределения семян на липкой ленте (рисунок 4.11 и 4.12). Применяя статистические методы обработки, получим кривую вероятности появления различных интервалов между семенами. Данные кривые получены при скорости высевающего диска 0,033 м/с, и при скоростях ленты 0,82; 1,07; 1,30; 1,46; 1,62 м/с, представленные на рисунках 5.1 - 5.5.

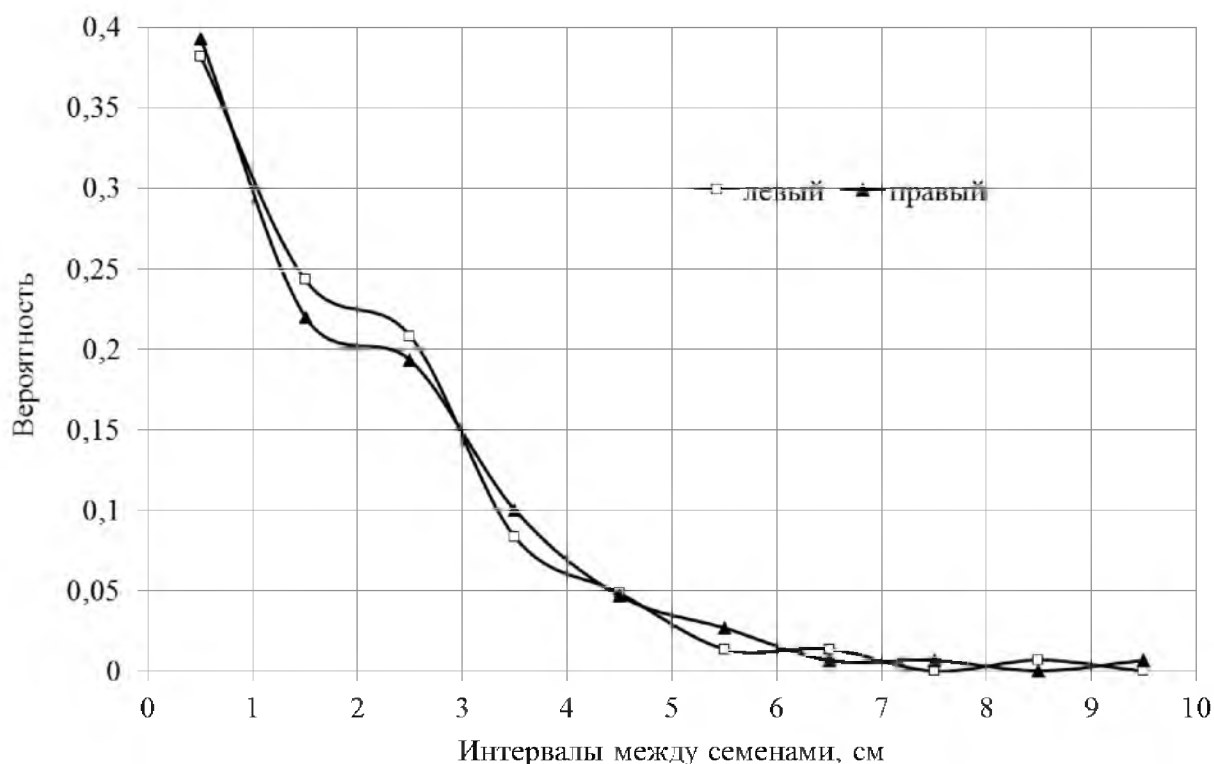


Рисунок 5.1 - Вероятность распределения интервалов в рядке при скорости 0,82 м/с

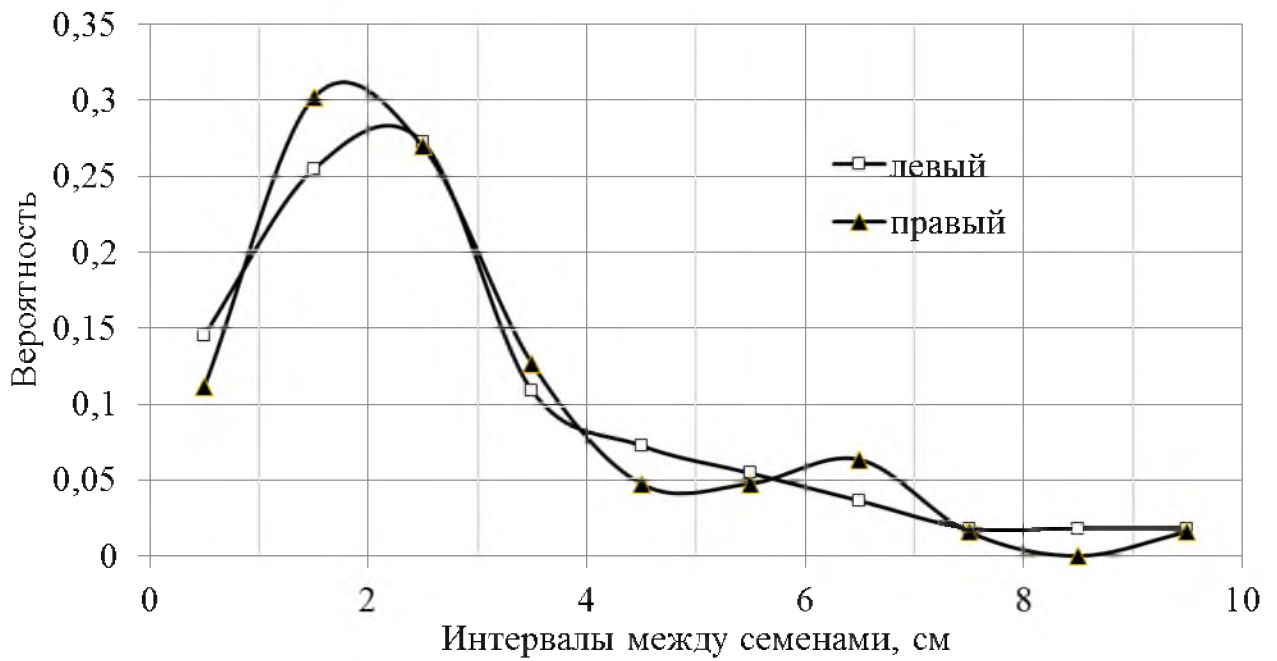


Рисунок 5.2 - Вероятность распределения интервалов в рядке при скорости 1,07 м/с

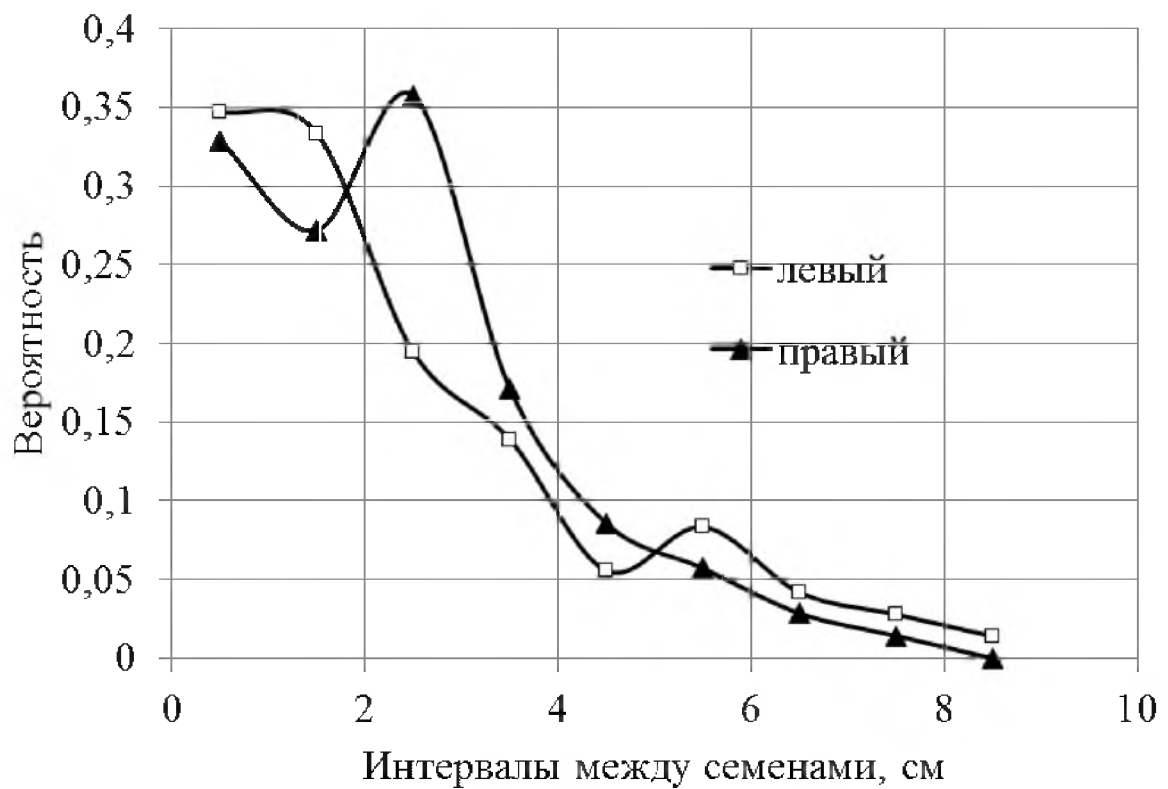


Рисунок 5.3 - Вероятность распределения интервалов в рядке при скорости 1,30 м/с

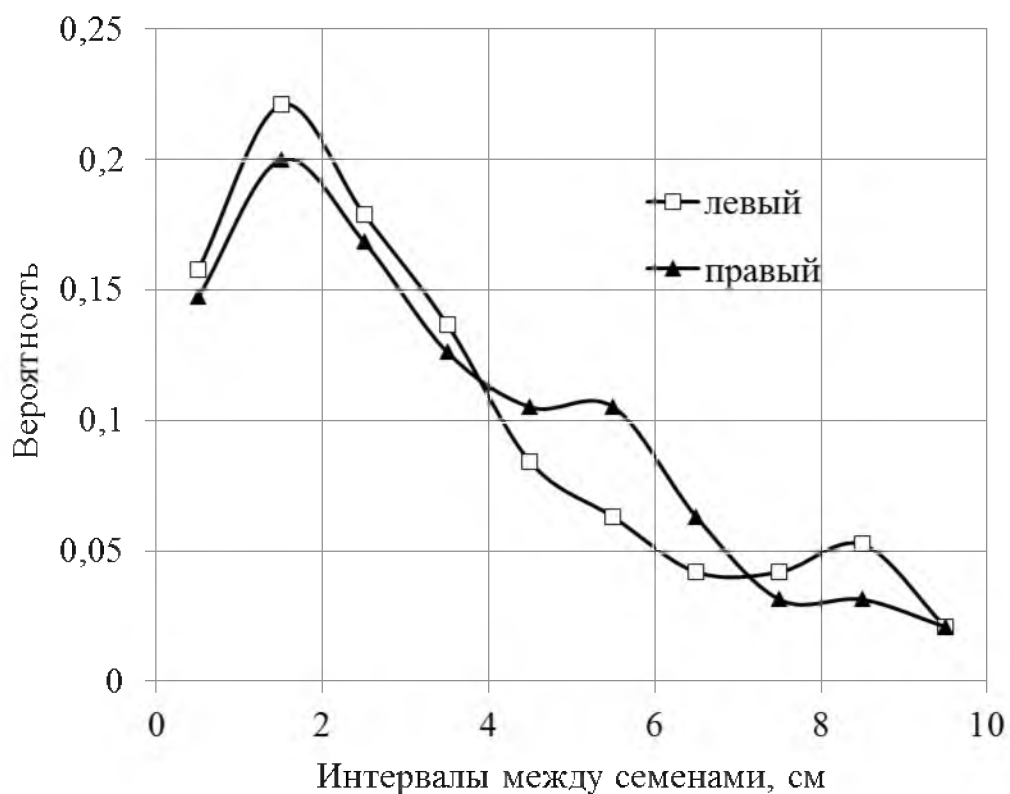


Рисунок 5.4 - Вероятность распределения интервалов в рядке при скорости 1,46 м/с

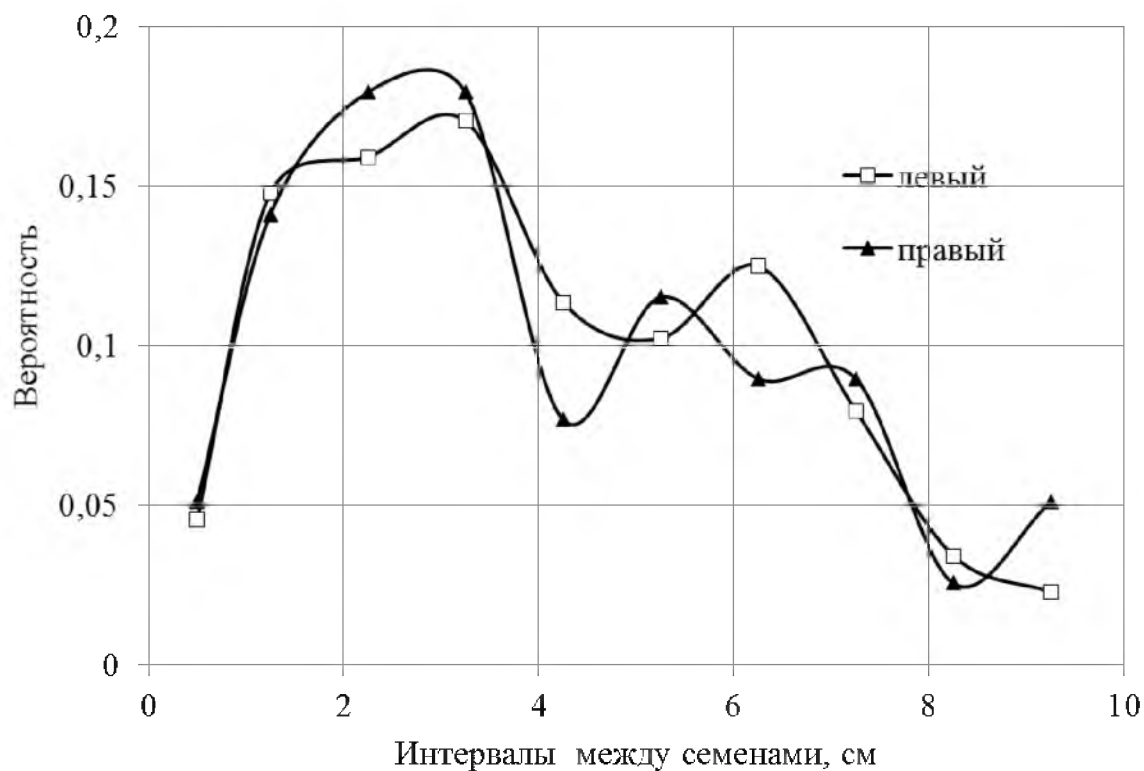


Рисунок 5.5 - Вероятность распределения интервалов в рядке при скорости 1,62 м/с

Проанализировав данные графики, можно сделать вывод, что кривые вероятностного распределения интервалов в левом и правом рядках находятся близко друг к другу, показывая тем самым точное распределение семян в рядках. И что при увеличении скорости выше 1,46 м/с точность заделки семян на порядок снижается. Для более полной картины приведём графики вероятности отклонения семян в рядке от центральной линии.

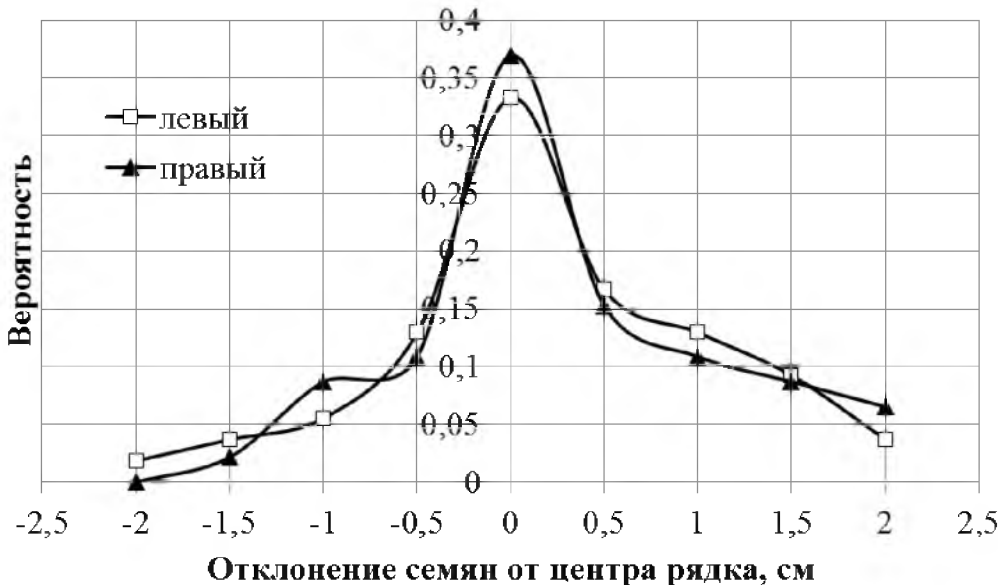


Рисунок 5.6 - Вероятность отклонения семян от центра рядка, при скорости высева 0,82 м/с

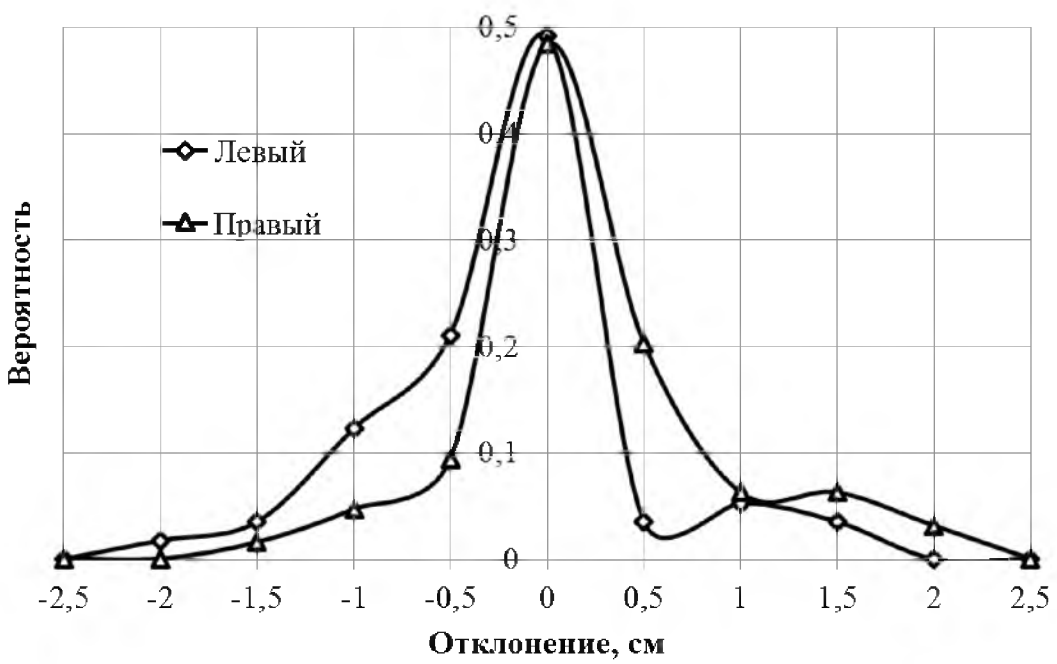


Рисунок 5.7 - Вероятность отклонения семян от центра рядка, при скорости высева 1,07 м/с

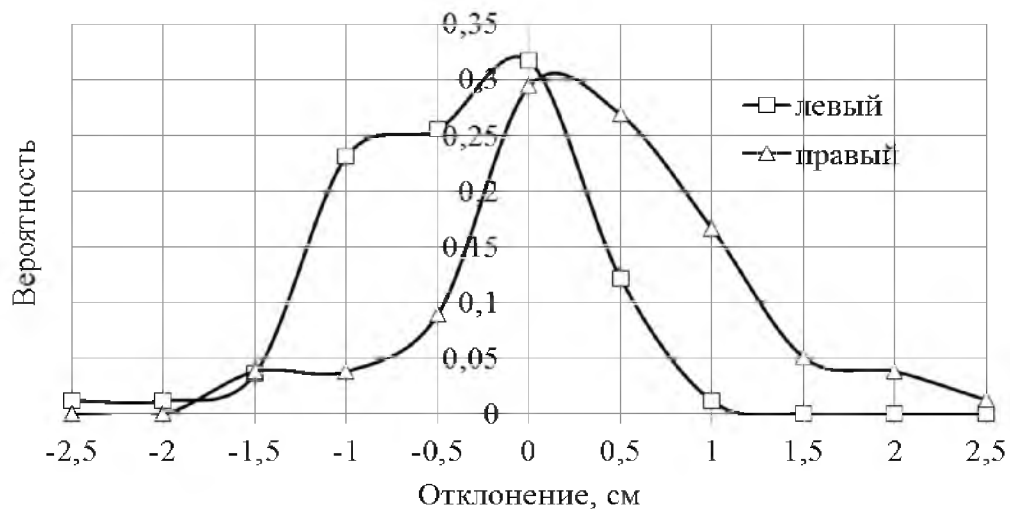


Рисунок 5.8 - Вероятность отклонения семян от центра рядка, при скорости высева 1,30 м/с

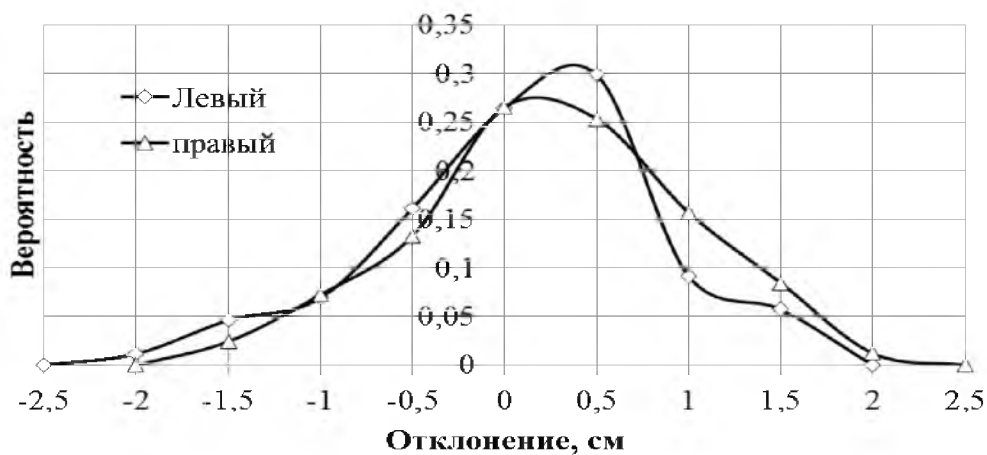


Рисунок 5.9 - Вероятность отклонения семян от центра рядка, при скорости высева 1,46 м/с

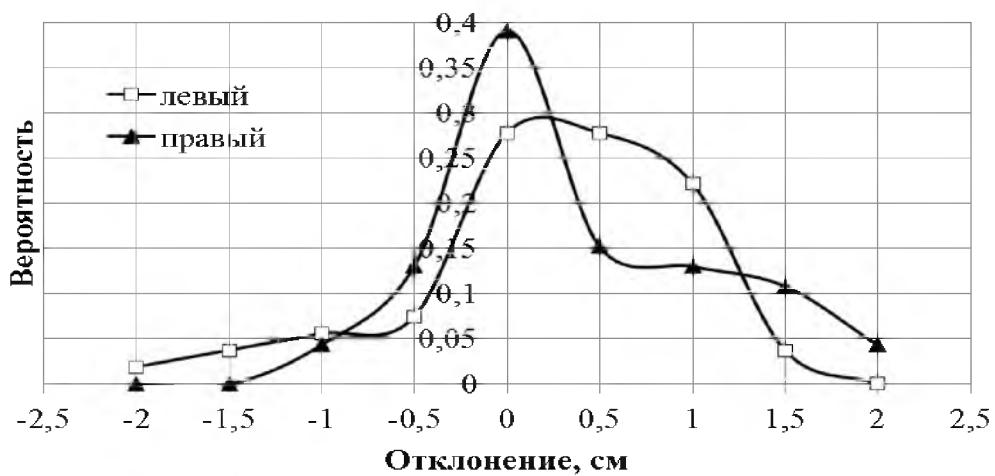


Рисунок 5.10 - Вероятность отклонения семян от центра рядка, при скорости высева 1,62 м/с

Анализ данных графиков (рисунок 5.6 - 5.10) показывает, что при всех скоростях соблюдается точность распределения семян относительно центра рядка в пределах ± 1 см. Далее, мы систематизируем полученные данные и находим статистические величины: среднее значение, среднее квадратичное отклонение и коэффициент вариации (таблица 5.1 - 5.2)

Таблица 5.1 - Распределение семян сахарной свеклы в правом рядке при

Показатели	Величина показателей при скоростях ленты				
	0,82	1,07	1,3	1,46	1,62
Среднее значение	2,18	3,23	2,35	4,64	4,09
Среднее квадратическое отклонение интервалов между семенами, см	2,14	2,16	1,99	3,02	2,39
Коэффициент вариации	0,8	0,78	0,75	0,68	0,62
Математическое ожидание, см	2,39	2,47	2,79	3,4	4,02

скорости высевающего диска 0,033 м/с

Таблица 5.2 - Распределение семян сахарной свеклы в левом рядке при скорости высевающего диска 0,033 м/с

Показатели	Величина показателей при скоростях ленты				
	0,82	1,07	1,3	1,46	1,62
Среднее значение	2,19	3,11	2,35	4,64	4,53
Среднее квадратическое отклонение интервалов между семенами, см	1,88	1,92	1,47	2,64	2,28
Коэффициент вариации	0,78	0,73	0,72	0,74	0,57
Математическое ожидание, см	2,29	2,49	2,84	3,3	3,99

Для сравнения математическое ожидание и коэффициент вариации для левого и правого рядков изобразим на графике (рисунок 5.11 и рисунок 5.12).

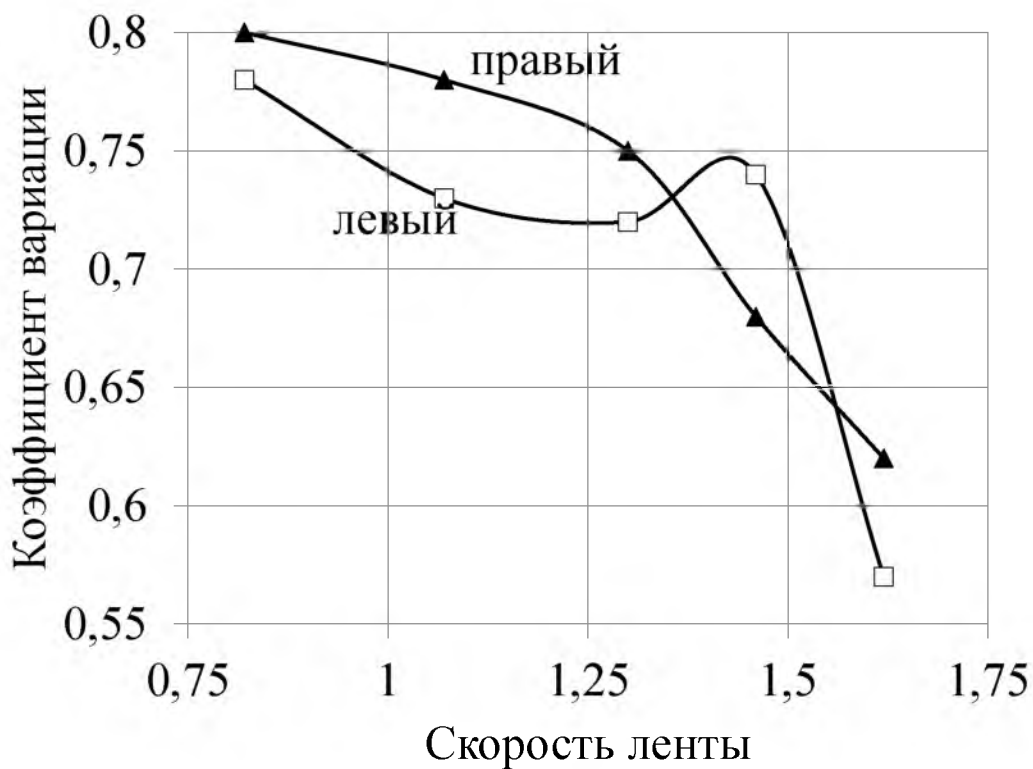


Рисунок 5.11 - Зависимость коэффициента вариации от скорости ленты в левом и правом рядках

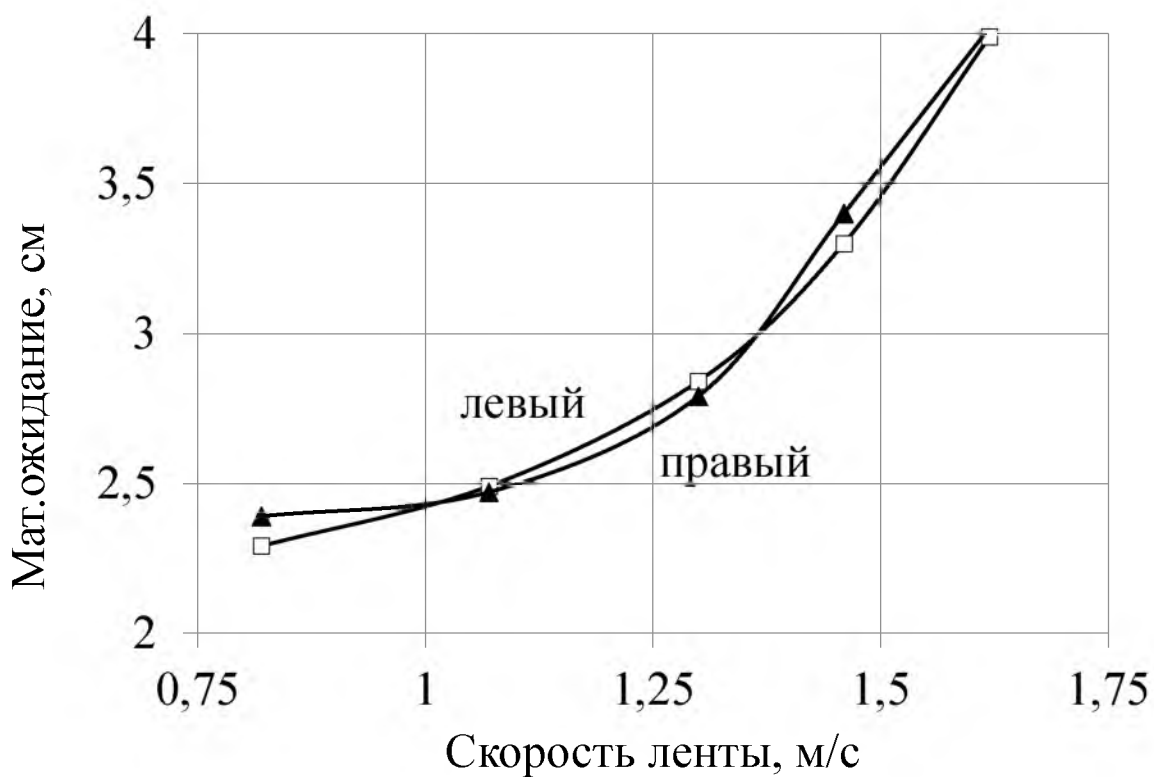


Рисунок 5.12 – Криволинейная зависимость мат. ожидания от скорости движения ленты

5.2. Анализ результатов эксперимента с помощью программы математического моделирования R



Рисунок 5.13 – Вероятность распределения семян на ленте при скорости высевающего диска 0,033 м/с (скорость ленты 1,07 м/с)

Результатом лабораторных исследований стали графики вероятности распределения семян на ленте при окружной скорости диска 0,033 м/с и скоростей ленты 0,82; 1,07; 1,30; 1,46 и 1,62 м/с [53]. Подробнее данные графики описаны в главе 5.1.

Обработку графиков мы проводили в среде статистического анализа данных R [11]. Подробнее об исследовании описано в статье [86]. Вначале мы представляем координаты графиков в матричном виде, где первый столбец матрицы – интервалы между семенами, а второй и третий – вероятность распределения в левом и правом рядах соответственно.

С помощью функций статистического анализа добавляем в матрицу значений дополнительные столбцы, где в четвертом представлено среднее значение второго и третьего столбцов, а в пятом – кумулятивная функция, иначе значение накопленной вероятности $cumsum(pL)$ [64].

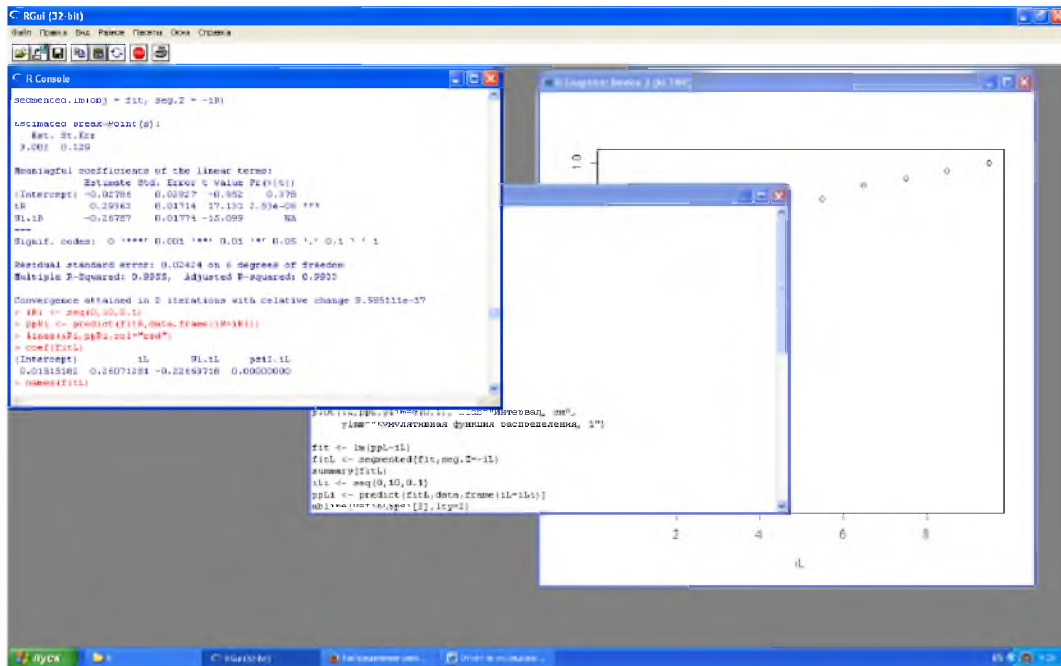


Рисунок 5.14 – Программная среда прикладной математической системы R

Изобразим точки накопленной вероятности в декартовой системе координат, где осью X является расстояние между семенами, а осью Y – накопленная вероятность (кумулятивная функция).

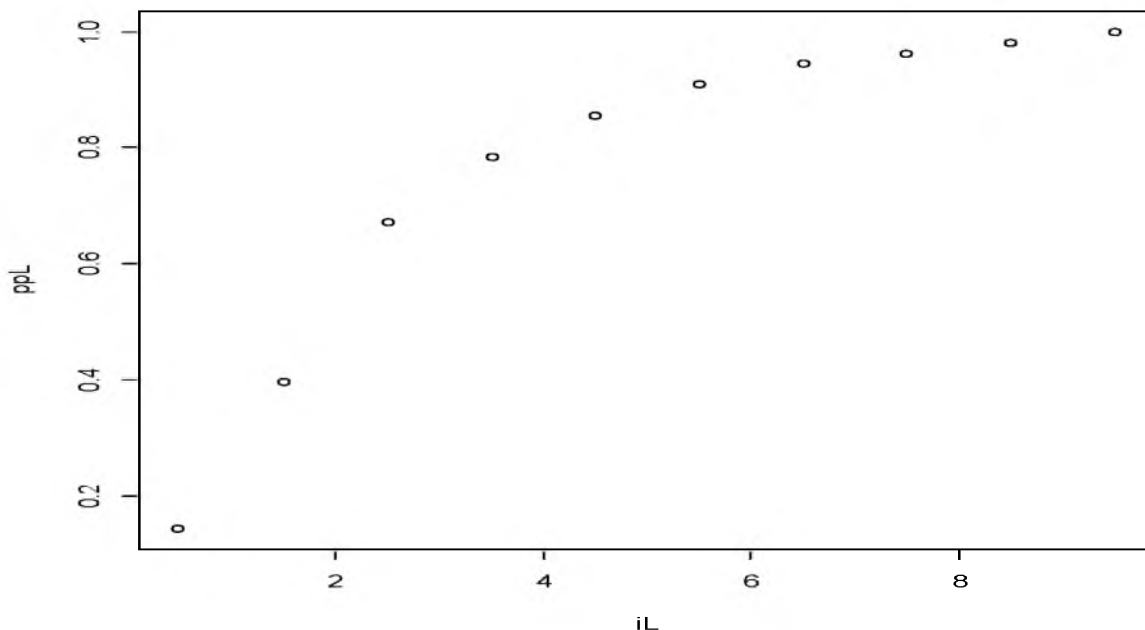


Рисунок 5.15 – Представление кумулятивной функции распределения семян в левом рядке на Декартовой системе координат

Анализ экспериментальных данных даёт основание предполагать, что в основе кумулятивной функции распределения на рисунке 3 лежат две линейные

функции. Чтобы это проверить, подключаем библиотеку сегментной регрессии `[library(segmented)]` [3]:

Листинг 5.1 - Построение модели сегментной регрессии

```
iL <- xyL[,1]
pL <- xyL[,2]/sum(xyL[,2])
ppL <- cumsum(pL)
plot(iL,ppL,ylim=c(0,1), xlab="Интервал, см",
      ylab="Кумулятивная функция распределения, 1")

fit <- lm(ppL~iL)
fitL <- segmented(fit,seg.Z=~iL)
summary(fitL)
iLi <- seq(0,10,0.1)
ppLi <- predict(fitL,data.frame(iL=iLi))
abline(v=fitL$psi[2],lty=2)
lines(iLi,ppLi,col="black")
```

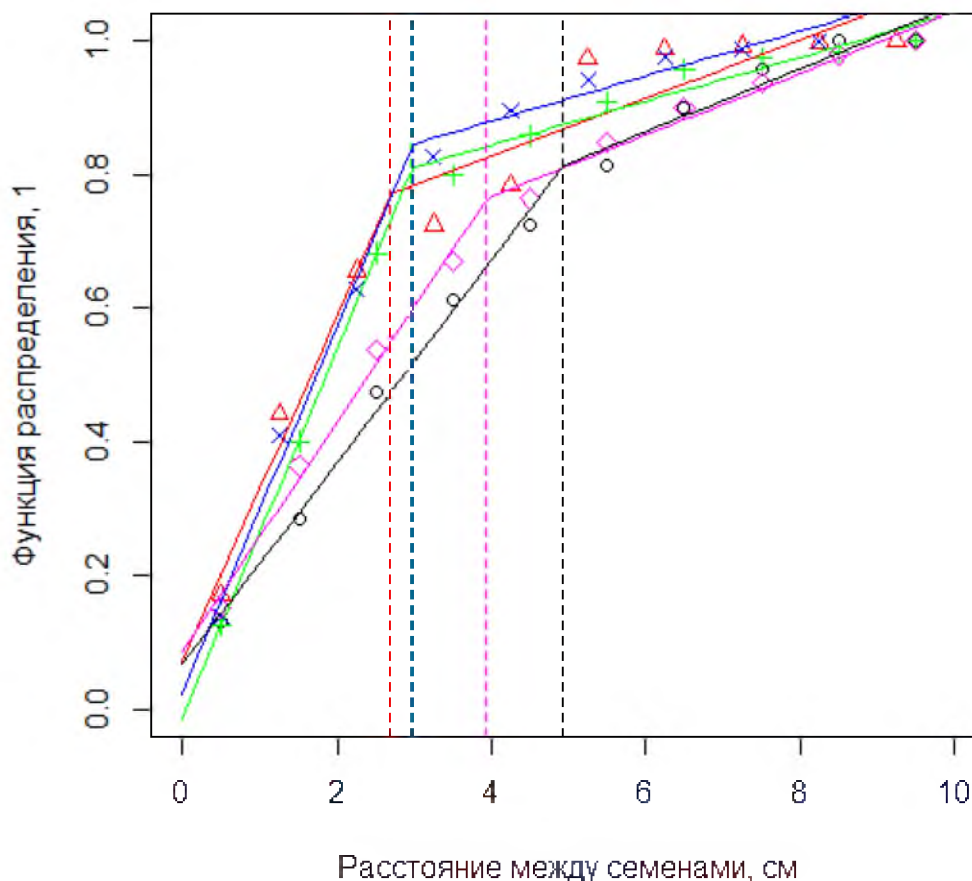


Рисунок 5.16 – Зависимость накопленной вероятности в зависимости от расстояния между семенами

Анализ сегментирования даёт представление о том, что в основе кумулятивного распределения лежат две линейные функции (рисунок 5.15), причём это можно утверждать с погрешностью 0,7 %. (листинг 5.2). Следовательно, наше предположение подтвердилось.

Листинг 5.2. Анализ модели сегментной регрессии

```
Meaningful coefficients of the linear terms:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -0.03129   0.02939  -1.065   0.328
iR           0.29690   0.01721  17.254 2.43e-06 ***
U1.iR       -0.27059   0.01781 -15.192    NA
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.02434 on 6 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9955,    Adjusted R-squared:  0.9932
```

Основываясь на данной теории можем осуществить исследование кумулятивной функции распределения для всех скоростей ленты: 0,82; 1,07; 1,30; 1,46 и 1,62 м/с. Для более наглядного представления, на рисунке 5.15 графики распределения в зависимости от скорости окрашены разным цветом (0,82 м/с – красный, 1,07 м/с – зелёный, 1,30 м/с – синий, 1,46 м/с – фиолетовый, 1,62 м/с – чёрный).

Листинг 5.3. Числовые характеристики модели регрессии

```
      1      2      3      4      5
0.04944 0.02202 -0.24683 0.25934 -0.08396

Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  3.4974     0.1175  29.754 0.00113 **
poly(v, 2)1  1.6411     0.2628   6.244 0.02470 *
poly(v, 2)2  0.7912     0.2628   3.010 0.09490 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.2628 on 2 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.96,    Adjusted R-squared:  0.9201
F-statistic: 24.02 on 2 and 2 DF,  p-value: 0.03996
```

На рисунке 5.15 чётко выраженное резкое возрастание функции вначале и после точки излома угол наклона стремиться к 0. Точки излома графиков накопленной вероятности представляют собой параболу. Это легко проверить, подключив модуль аппроксимации по биквадратной функции, что, собственно, мы на рисунке 5.16. Это мы можем утверждать с точностью 92% (листинг 5.3).

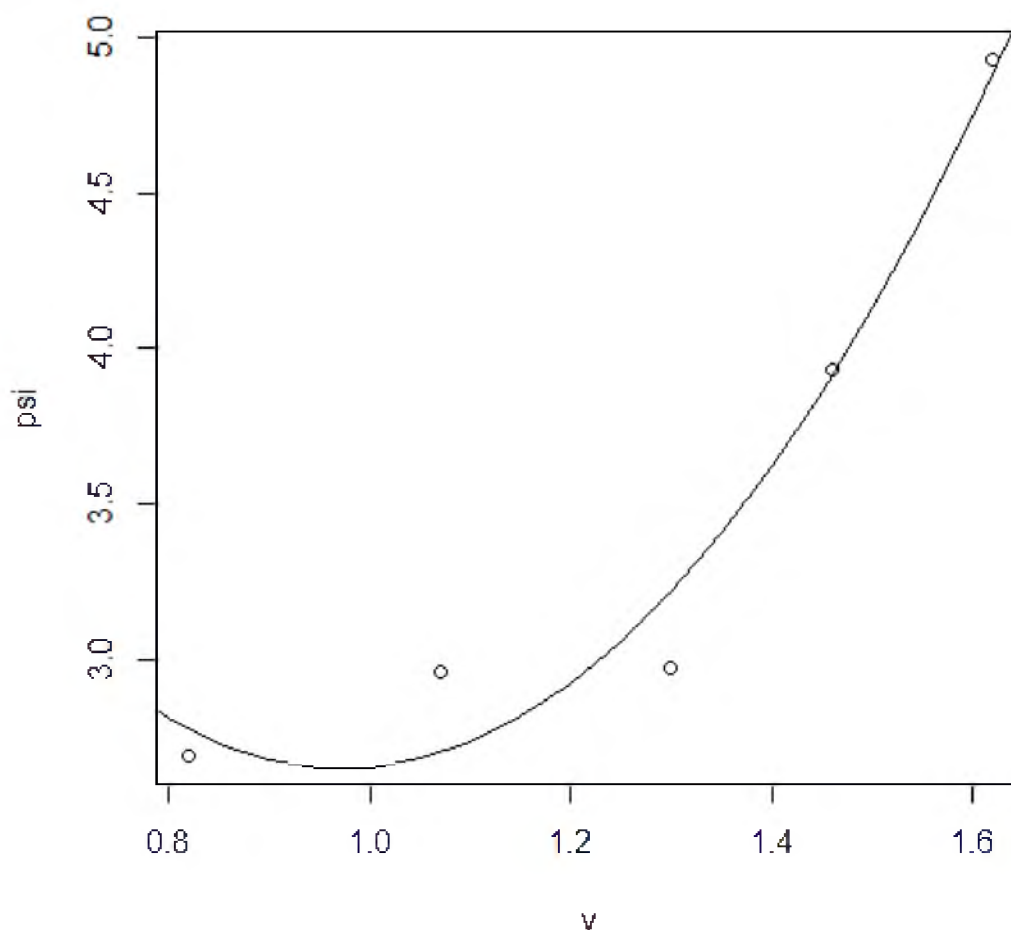


Рисунок 5.17 – Зависимость точки излома распределения от скорости посева сеялки

Результаты исследования показывают, что при превышении скорости сеялки выше 1,5 м/с распределение семян в рядке оказывается наиболее подходящим для загущенного посева. При низкой скорости возникают близкие интервалы между семенами. Соответственно делаем вывод, что высев сеялкой ССТ – 12Б с делителем потока необходимо осуществлять со скоростью 1,46...1,62 м/с [86].

5.3. Анализ программных вычислений

В результате имитационного моделирования (глава 4) провели расчёт для схем посева с междурядьями 45x45, 45x30, 45x22,5 и 45x15 см, следующих показателей: количество корнеплодов и их урожайность. Данные по урожайности мы приводим на рисунках 5.17 - 5.20.

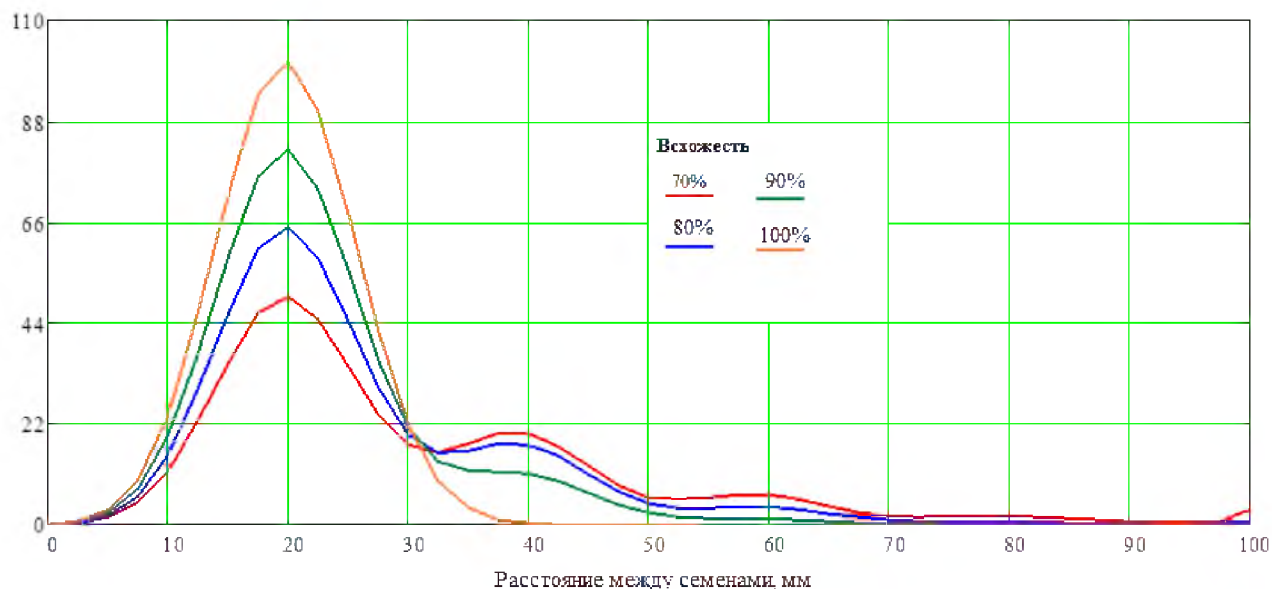


Рисунок 5.18 - Расчётная урожайность при схеме посева 45x45 см

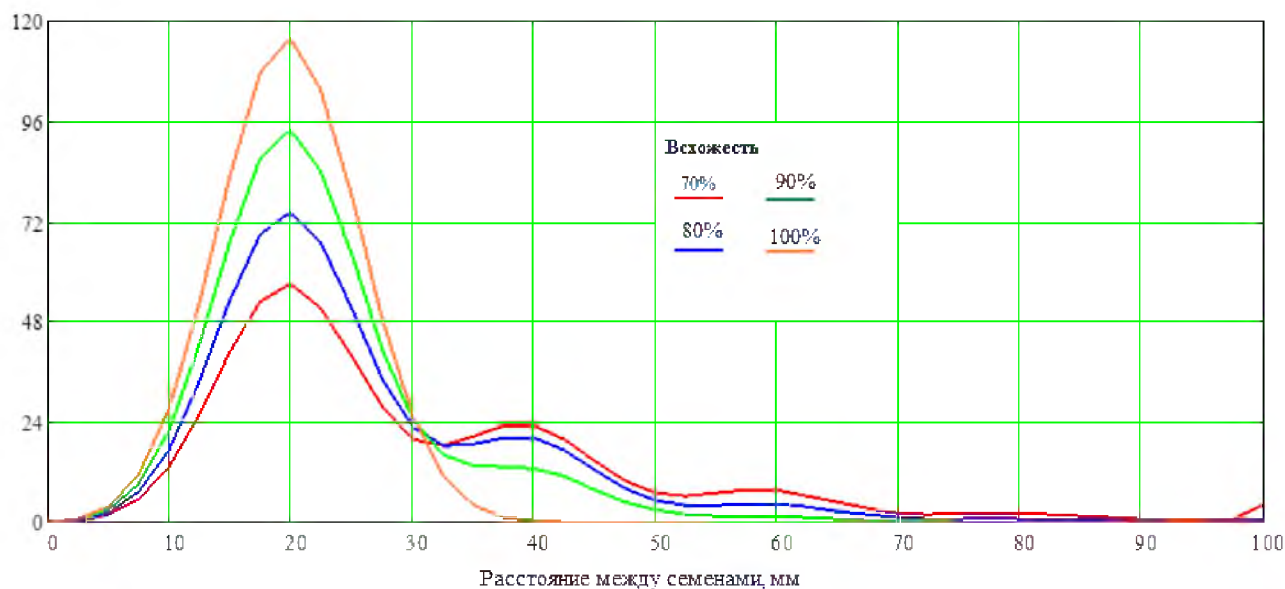


Рисунок 5.19 - Расчётная урожайность при схеме посева 45x30 см

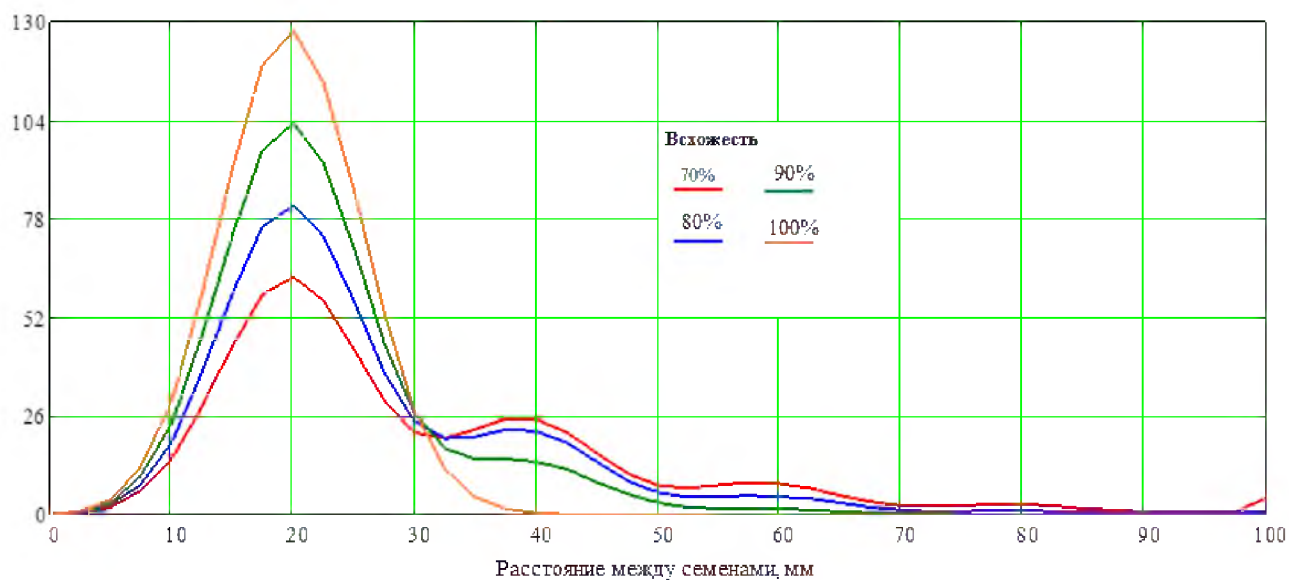


Рисунок 5.20 - Расчётная урожайность при схеме посева 45x22,5 см

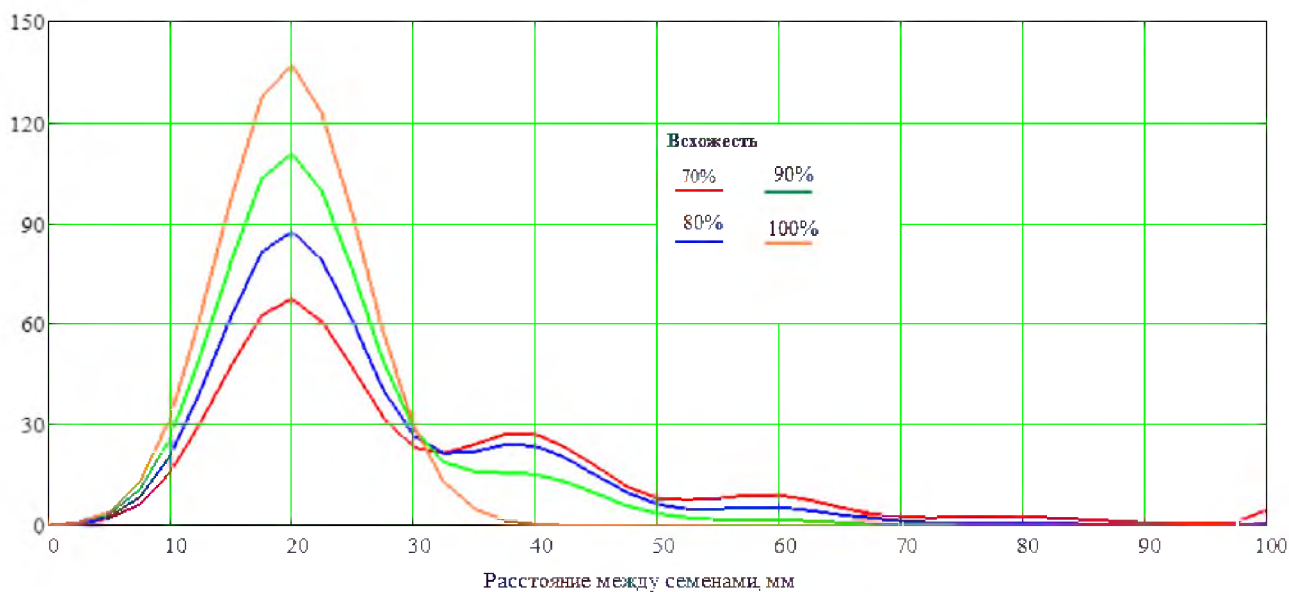


Рисунок 5.21 - Расчётная урожайность при схеме посева 45x15 см

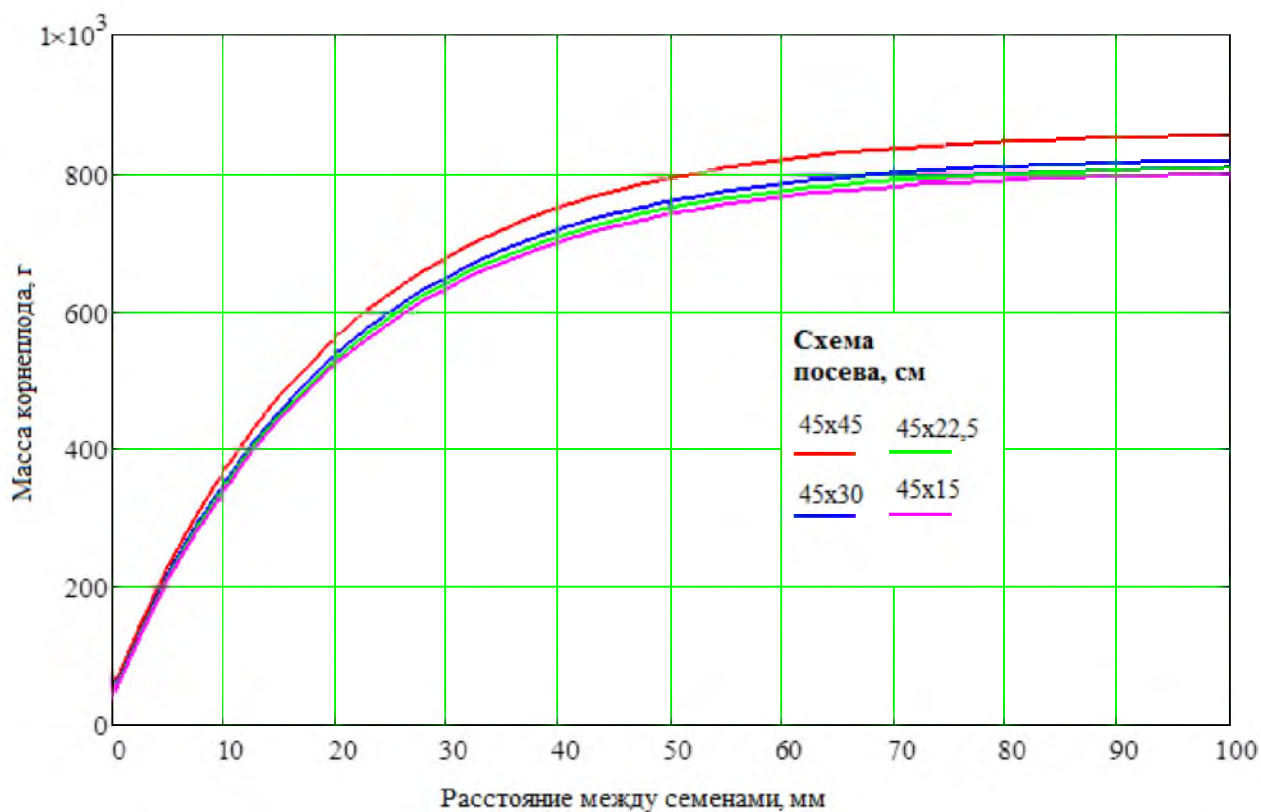


Рисунок 5.22 - Расчётная масса корнеплода, в зависимости от схемы посева и расстояния между семенами

На рисунке данные по всхожести 85% и коэффициенту вариации 0,3.

Данные на рисунках 5.17 - 5.21 даёт основание утверждать, что максимальное количество корнеплодов сахарной свёклы было получено при посеве семян со средним интервалом 2,5...3,5 см (норма высева 25...40 шт./м). Масса корнеплода при этом составит 35...95 г при средней массе 55 г.

Эти данные косвенно подтверждаются данными, полученными А.Т. Чернышевым (рисунок 5.22) [93].

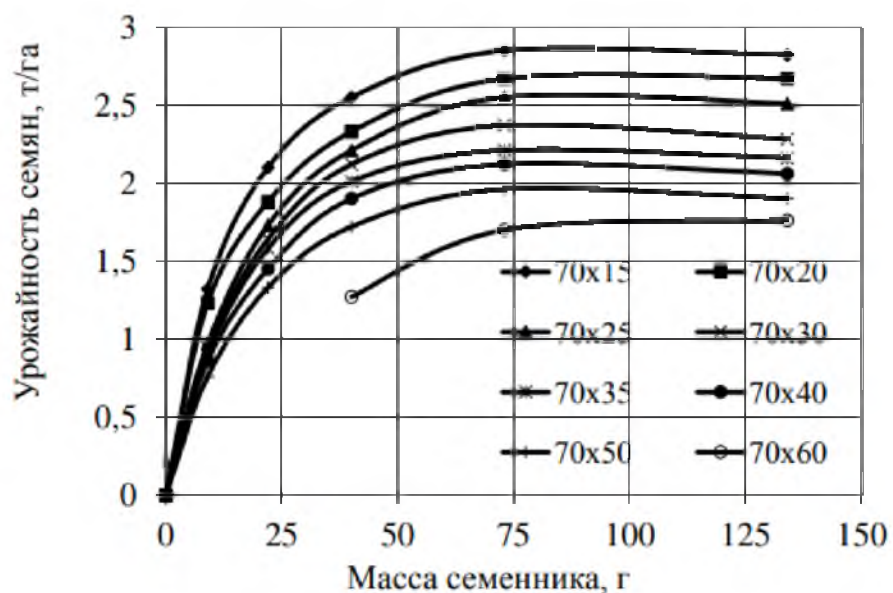


Рисунок 5.23 - Урожайность семян в зависимости от массы семенника и схемы их посадки

В итоге, данная имитационная модель позволяет

Таким образом, используя предлагаемую имитационную модель, возможно определить количество маточников на один га, их урожайность, коэффициент размножения маточников, урожай семян и коэффициент размножения семян с одного га посева маточной сахарной свеклы.

5.4. Экономическое обоснование схемы посева 45x15 см

Актуальность использования эффективной схемы посева в современном свекловодстве как никогда высока. Одна из причин – ценовая политика семян, например, цена дражированных семян производства РФ составляет 3500...4750 руб. [48] за посевную единицу (1 п.е.=1 000 000 семян), а вот уже семян зарубежного производства (Рекордина KWS NEW Германия) составит уже 12000 руб. за одну посевную единицу [57]. Факт удорожания цен связан с упадком семеноводческих хозяйств в нашей стране, в связи с чем доля издержек на покупку семян может достигать до 8,2%.

Оценить экономическую целесообразность схемы посева помогает имитационное моделирование, описанное в главе 4. Для этого после расчёта урожайности и количества корнеплодов мы подставляем формулы для экономического расчёта. За исходные данные мы брали среднюю себестоимость дражированных семян 8250 р/п.е. затраты на производство приняли 41000 р. [67], а реализуем корнеплоды по цене 350 р/ц. В результате мы получили общую себестоимость производства корнеплодов, а также оценили чистую прибыль, в зависимости от схемы посева. Результаты вычислений представлены в таблице 5.3 и проиллюстрирована на графике (рисунок 5.23).

Таблица 5.3 – Оценка экономической эффективности производства сахарной свеклы при схеме посева 45x15 см, полевая всхожесть 100% и коэффициент вариации распределения семян 50%

Интервалы между семенами, m, см	Норма высева, λ, шт./м	Конечная густота, N, тыс. шт/га	Урожайность, G, ц/га	Стоимость, тыс. руб. на 1 га			
				Семена Сс,	Доход от реализации и, Дд	Себестоимость, Ссеб	Чистая прибыль, Чп
4	25	26,2	73,5	64,72	25,72	175,9	-150,2
5	20	90,7	260,7	51,78	91,26	167,02	-75,76
6	16,67	153	457,4	43,15	160,1	161,1	-1
7	14,28	192	602,8	36,99	211	156,87	54,13

8	12,5	212	696,4	32,36	243,8	153,7	90,1
---	------	-----	-------	-------	-------	-------	------

продолжение, таблица 6.3

Интервалы между семенами, m, см	Норма высева, λ , шт./м	Конечная густота, N, тыс. шт/га	Урожайность, G, ц/га	Стоимость, тыс. руб. на 1 га			
				Семена Сс,	Доход от реализации, Дд	Себестоимость, Ссеб	Чистая прибыль, Чп
9	11,11	217	752,7	28,77	263,5	151,23	112,27
10	10	216	784,5	25,89	274,6	149,26	125,34
11	9,091	210	800,6	23,54	280,2	147,64	132,56
12	8,33	203	806	21,57	282,2	146,3	135,9
13	7,69	195	805,3	19,92	281,9	145,162	136,74
14	7,14	186	799,8	18,49	280	144,19	135,81
15	6,67	178	791,1	17,26	276,9	143,34	133,56
16	6,25	170	780	16,18	273,1	142,6	130,5
17	5,88	163	768	15,23	268,8	141,95	126,85
19	5,26	149	739	13,63	258,9	140,85	118,05
20	5	143	723,7	12,94	253,3	140,38	112,92

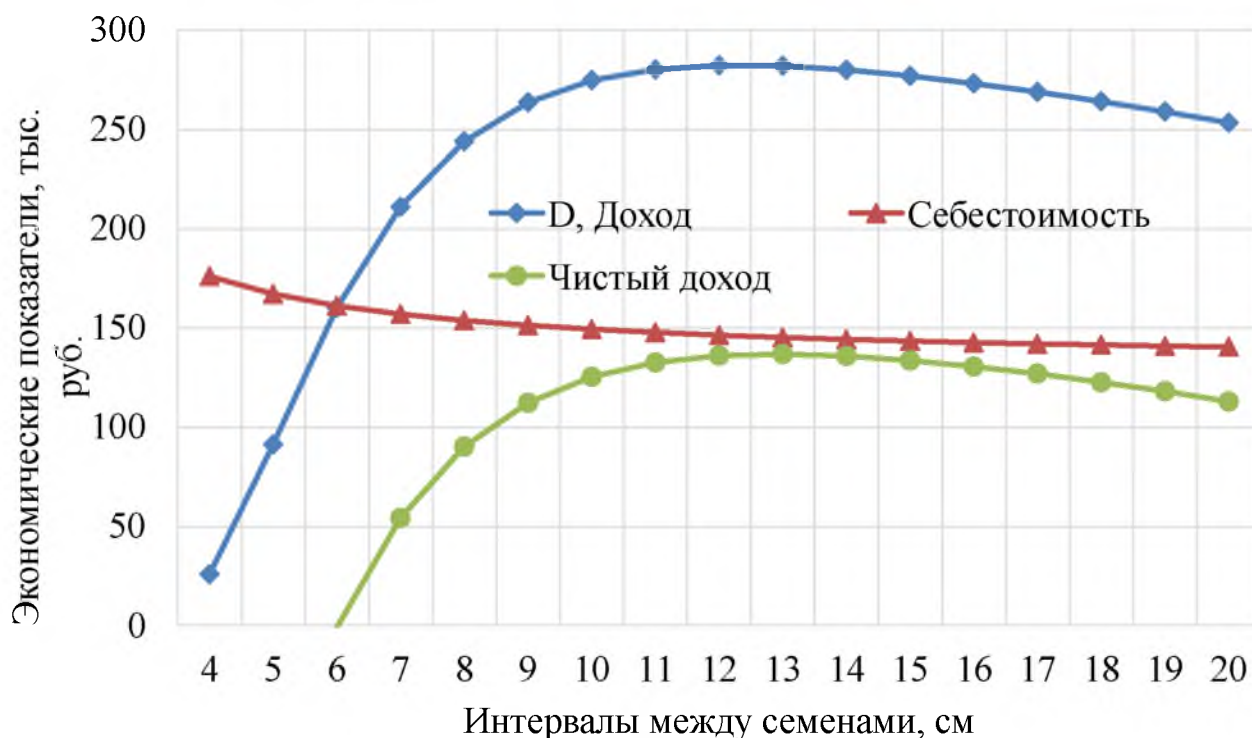


Рисунок 5.24 – Эффективность производства сахарной свеклы при схеме посева 45x15 см, полевой всхожести 100% и коэффициенте вариации распределения семян 50%

Полученные данные показывают, что оптимальная норма высева находится при посеве интервалов между семенами 13 см, т.е при норме высева 7,7 шт.м. Высев семян более 10 и менее 5 шт./м приводит к резкому снижению чистого дохода.

Рассмотрим теперь те же экономические показатели при схеме посева 45х45 с теми же характеристиками всхожести и вариации (таблица 5.4 и рисунок 5.24)

Таблица 5.4 – Оценка экономической эффективности производства сахарной свеклы при схеме посева 45х45, полевая всхожесть 100% и коэффициент вариации распределения семян 50%

Интервалы между семенами, м, см	Норма высева, λ, шт./м	Конечная густота, N, тыс. шт/га	Урожайность, G, ц/га	Стоимость, тыс. руб. на 1 га			
				Семена Сс,	Доход от реализации и, Дд	Себестоимость, Ссеб	Чистая прибыль, Чп
4	25	18	54,9	44,4	19,215	175,9	-156,69
5	20	62,3	194,6	35,52	68,11	167,02	-98,91
6	16,67	105	341	29,6	119,35	161,1	-41,75
7	14,28	132	448,7	25,371	157,05	156,87	0,174
8	12,5	145	517,1	22,2	180,99	153,7	27,28
9	11,11	149	557,3	19,733	195,06	151,23	43,82
10	10	148	579,3	17,76	202,76	149,26	53,5
11	9,091	144	589,8	16,145	206,43	147,64	58,78
12	8,33	139	593,2	14,8	207,62	146,3	61,32
13	7,69	134	592	13,662	207,2	145,162	62,048
14	7,14	128	587,6	12,686	205,66	144,19	61,47
15	6,67	122	581,2	11,84	203,42	143,34	60,08
16	6,25	117	573,3	11,1	200,66	142,6	58,06
17	5,88	112	564,3	10,447	197,51	141,95	55,56
18	5,56	107	554,3	9,8667	194,01	141,37	52,64
19	5,26	102	543,6	9,3474	190,26	140,85	49,41
20	5	98,3	532	8,88	186,2	140,38	45,82
25	4	81,2	466	7,104	163,1	138,6	24,5
30	3,33	69	404	5,92	141,4	137,42	3,98

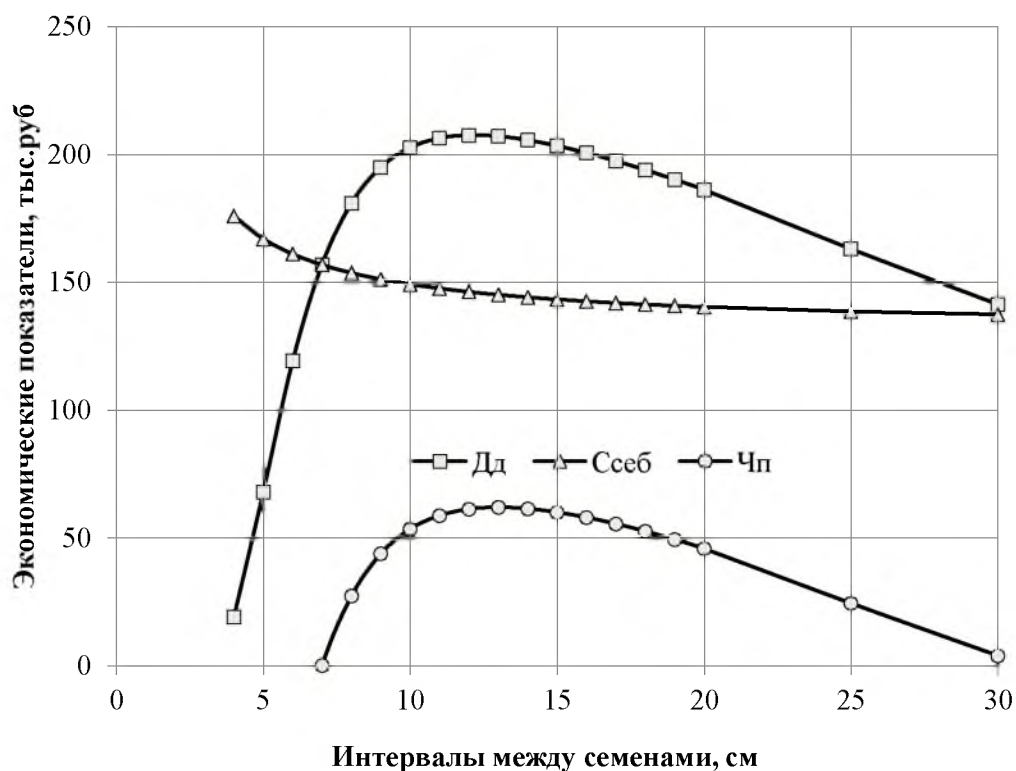


Рисунок 5.25 – Эффективность производства сахарной свеклы при схеме посевах 45x45 см, полевой всхожести 100% и коэффициенте вариации распределения семян 50%

Сравнивая данные графиков (рисунок 5.23 и рисунок 5.24), делаем вывод, что эффективность использования высева семян сахарной свёклы по схеме 45x15 см с шахматным расположением семян в рядке на порядок выше, чем при классической 45x45 см, что связано в большей степени с более рациональным использованием корнеплодом площади питания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время в стране наметилась тенденция интенсификации производства сахарной свёклы, повысилась её урожайность, увеличились валовые сборы. Но главным «тормозом» развития производства является не соблюдение технологии возделывания: неправильный севооборот, некачественная обработка почвы, неправильная дозировка органических и минеральных удобрений, несвоевременное применение мер борьбы с болезнями, вредителями и сорной растительностью, и отсутствие высокопроизводительной техники.

Чтобы реализовать интенсивное свекловодство на практике, необходимо соблюдать ряд факторов, в особенности:

- ✓ Необходимость создать и внедрить в производство высокопродуктивные сорта и гибриды с повышенным выходом сахара и устойчивостью к болезням, и обеспечить свекловодство высококачественными семенами.
- ✓ Агротехнические и химические мероприятия по возделыванию проводить качественно и своевременно.
- ✓ Внедрять ресурсосберегающие приёмы обработки почвы с использованием широкозахватной техники, комбинированных агрегатов, позволяющих осуществлять работы на поле в оптимальные сроки, экономить ГСМ и снижать издержки производства.

Агротехника на высоком уровне позволит получать гарантированные урожаи корнеплодов независимо от погоды и поддерживать бесперебойную работу свеклоперерабатывающих предприятий [79].

Установлено, что оптимальный интервал при посеве сахарной свеклы по схеме посева 45х45 см и 15х45 находится в зависимости от точности заделки семян при посеве и их полевой всхожести.

Так при полевой всхожести $p=1$ и коэффициенте вариации $v=0,8$ оптимальный интервал между семенами составляет 11 см, соответствующий густоте насаждения 9,1 шт./м. А уже при полевой всхожести $p=0,4$ (40%) оптимальный интервал между семенами снижается до 4...5 см. Стоит отметить тот факт, что на практике высевают семена высокой всхожести и готовят

участок для посева, чтобы полевая всхожесть составляла не меньше $p > 0.6$ (60%). Причём установить точность заделки семян с коэффициентом вариации менее 0,4 при норме высева более 6 шт./м практически невозможно [55].

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Kverneland Optima – Текст: электронный //Компания Kverneland: Интернет-портал. – URL: <https://ru.kverneland.com/Posevnaya-tehnika/Sevalki-tochnogo-vyseva/Kverneland-Optima2> (дата обращения: 16.04.2020).
2. Kverneland Optima TFprofi – Текст: электронный //Компания Kverneland: Интернет-портал. – URL: <https://ru.kverneland.com/Posevnaya-tehnika/Sevalki-tochnogo-vyseva/Kverneland-Optima-TFprofi> (дата обращения: 21.04.2020).
3. **Muggeo, V.M.R.** Segmented: an R package to fit regression models with broken-line relationships [Text] / V.M.R. Muggeo // R News. 2008. – V. 8, No. 1. – P. 20-25.
4. Tempo R 12-18 – Текст: электронный //Компания Vaderstad: Интернет-портал. – URL: <https://www.vaderstad.com/ru/sevalki-propashnie/sevalki-tempo/tempo-r-12-18/>(дата обращения: 16.04.2020).
5. Агроклиматические ресурсы Воронежской области [Текст] : [Справочник] – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 108 с.
6. **Балан, В.Н.** Оптимальные всходы и их сохранность при безвысадочном семеноводстве / В.Н. Балан // Сахарная свекла. – 1981. - № 4. – С. 33- 34.
7. Биологические и физико-механические свойства семян сахарной свеклы [Электронный ресурс] / Зооинженерный факультет МСХА – Электрон. текстовые дан. – Москва: [б.и.] – Режим доступа: <https://www.activestudy.info/biologicheskie-i-fiziko-mexanicheskie-svoystva-semyan-saxarnoj-svekly> свободный.
8. **Борзенков, С.П.** Основные технологические приемы выращивания штеклингов компонентов гибридов сахарной свеклы в условиях ЦЧР / С.П. Борзенков, И.И. Бартенев, Л.Н. Путилина, М.А. Смирнов, Д.С. Гаврин // Сахарная свекла . - 2016. - №7
9. **Будагов, А.А.** Как правильно рассчитать норму высева / А.А. Будагов // Сахарная свекла. - 1986.-№3.-с.10-11.

10. **Будагов, А.А.** Точный посев пропашных культур и площади питания / А.А. Будагов // Нормы высева, способы посева и площади питания сельскохозяйственных культур: Сб. науч. тр. / ВАСХНИЛ.-М.,1971.-с.440-445.
11. **Буховец, А.Г.** Алгоритмы вычислительной статистики в системе R: Учебное пособие.– А.Г. Буховец, П.В. Москалёв – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Издательство «Лань», 2015. – 160 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).
12. В помощь свекловоду /Под ред. В.Г.Яценко. -Воронеж: ЦЧ кн. изд-во, 1975. -136 с.
13. **Василенко, В.В.** Влияние неравномерности интервалов между семенами на урожай сахарной свеклы / В.В. Василенко, К.Р. Казаров, В.В. Труфанов, В.К. Астанин // Индустриальная технология возделывания сахарной свеклы в ЦЧЗ: Сб. рауч. тр./ Воронеж. с.-х. ин-т.-1982.-Т.120.-с.134-139.
14. **Василенко, В.В.** О распределении растений после прореживания при точном высева малых норм сахарной свеклы/ В.В. Василенко, К.Р. Казаров //Механизация с.-х. процессов. Записки Воро неж, с.-х. ин-та.-Т. 48.-Вып.1. -Воронеж, -1971. -С. 58-67.
15. **Василенко, В.В.** Обоснование предела точности дозирования семян ячеисто-дисковыми аппаратами/ В.В. Василенко, С.В. Василенко// Техника в сельском хозяйстве. - 2000 - № 1. - С. 34-35
16. **Василенко, В.В.** Оценка точности пунктирного высева / В.В. Василенко // Механизация и электрификация сельского хозяйства.-1974.-№9.-с.38-39.
17. **Василенко, В.В.** Распределение семян и растений сахарной свеклы при пунктирном высева / В.В. Василенко, С.В. Василенко // Техника в сельском хозяйстве.-1999.-№1.-с.6-9.
18. **Василенко, С.В.** Совершенствование процесса высева семян сахарной свеклы ячеисто-дисковым аппаратом / С.В. Василенко: Автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.20.01.-Воронеж, 2000.-с.- Библиограф.: 16с.

19. **Веверс, Э.В.** Статистическое моделирование процессов высева семян сахарной свеклы/ Веверс Э.В., Кардашевский С.В. //Тракторы и сельхозмашины. -1969. -№ 9. -С 15-16.
20. **Вентцель, Е.С.** Теория вероятностей / Е.С. Вентцель - М.: Наука, 1969. - 576с.
21. **Гаджиев, А.Ю.** От чего зависит технологическое качество свеклы/ А.Ю. Гаджиев // Сахарная свекла. -1993. -№ 3. -С. 9-11.
22. **Гизбуллин, Н. Г.** Семеноводство сахарной свеклы/ Н. Г. Гизбуллин [и др.]; под ред. В.Ф.Зубенко.-Киев: "Урожай".1987.-272с.
23. **Гизбуллин, Н.Г.** Интенсивная технология производства высококачественных семян сахарной свеклы /Н.Г.Гизбуллин [и др.] // Рекомендации.-М.: Агропромиздат, 1989.-47 с.
24. **Гизбуллин, Н.Г.** Повышение эффективности и коэффициента размножения семян/Н.Г. Гизбуллин [и др.]// Сахарная свекла. - 2005. - №1. - С. 23 - 24.
25. **Глуховский, В.С.** Разработка научных основ технологии выращивания сахарной свеклы без затрат ручного труда на формировании густоты насаждения. диссертация ... доктора сельскохозяйственных наук : 06.01.14. - Киев, 1981. - 349 с. : ил.
26. **Глуховский, В.С.** Распределение семян по глубине посева / В.С. Глуховский//Сахарная свекла – Киев, Урожай, 1979.-С.175-178.
27. **Готфрид Айкель.** Сеялка Lemken Azurit 9/8.75 К D / Й.-М. Кюпер, Готфрид Айкель – Текст: электронный //Журнал AgroReport – URL: <https://agroreport.ru/test-drives/sevalka-lemken-azurit-9-8-75-k-d/> (дата обращения: 17.04.2020).
28. **Гуреев, И.И.** Инновационный опыт производства сахарной свёклы в Центрально-Чернозёмном регионе / И.И. Гуреев, Е.Л. Ревякин. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 140 с.
29. **Добротворцева, А.В.** Агротехника сахарной свёклы/ А.В. Добротворцева; 2-ое изд. М.: 1986.- 192с.

30. **Добротворцева, А.В.** Выращивание сахарной свёклы на семена/А.В. Добротворцева; М.: 1975.- 256с.
31. **Жерновой, В.А.** Вспомним основы технологии/ В.А. Жерновой [и др.]// Сахарная свекла.-2003.-№3.-С.8-10.
32. **Завалишин, Ф.С.** Методы исследований по механизации сельскохозяйственного производства/ Ф.С. Завалишин, М.Г. Мацнев. – Москва.: Колос, 1982 – 231 с.
33. **Зенин, Л.С.** Прогнозирование размещения всходов // Л.С. Зенин // Сахарная свекла.-1986.-№1.-с.11-13.
34. **Зефирова, П.** Сеялка точного высева Kverneland Monopill SE/ П. Зефирова – Текст: электронный //Журнал AgroReport – URL: <https://agroreport.ru/agrosalon/sevalka-tochnogo-vyseva-kverneland-monopill-se/> (дата обращения: 22.04.2020).
35. **Иванов, Е.** Состояние и прогнозы сахарной индустрии России. Возможные варианты развития/ Е. Иванов// Сахарная свекла. – 2006. -№5. -С.2-6
36. **Казаров, К.Р.** Важный фактор повышения полевой всхожести/ К.Р. Казаров, И.К. Лукина, В.А. Черников// Сахарная свекла. -2002. -№ 2. - С.13-14.
37. **Казаров, К.Р.** Влияние полевой всхожести семян на выход посадочных корнеплодов/ Казаров К.Р. [и др.]//Совершенствование технологии и технических средств механизации сельского хозяйства: Сб.науч. тр. Воронеж, 2003. -С.94-98.
38. **Казаров, К.Р.** Изменение качественных показателей семян сахарной свеклы в зависимости от их размерной фракции/ Казаров К.Р., Одиноких А.А., Лукина И.К.// Совершенствование технологии и технических средств механизации сельского хозяйства: Сб.науч. тр. Воронеж, 2003. - С.91-94.
39. **Казаров, К.Р.** Имитационное моделирование технологических процессов в сельском хозяйстве/ К.Р. Казаров, К.И. Сулимин //Электромеханические

- устройства и системы: Межвузовский сб. науч. тр. -Воронеж, 1996. - С. 110-113.
40. **Казаров, К.Р.** Как увеличить выход посадочных корнеплодов/ К.Р. Казаров, Т.А. Горбунова, И.К.Лукина// Сахарная свекла. -2001. -№ 5. - С.22-23.
41. **Казаров, К.Р.** Методические указания по комплектованию машинно-тракторных агрегатов / К.Р. Казаров, М.Г. Мацнев. – Воронеж, СХИ, 1987. – 26 с.
42. **Казаров, К.Р.** Моделирование выхода маточных корнеплодов сахарной свёклы при различных схемах посева /К.Р. Казаров, И.К. Лукина, В.А. Черников, Ю.И. Солдатов/ Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы агроинженерии и пути их решения», посвящённой 40-летию Белгородского ГАУ. – п. Майский: ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2018. – С. 81 – 84.
43. **Казаров, К.Р.** Моделирование формирования густоты насаждения маточной сахарной свеклы/ К.Р. Казаров, С.Н. Пиляев, И.К.Лукина// Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем управления лесного комплекса: Сб.науч.тр./ Воронеж. ВГЛТА.-Воронеж, 2000. -С.49-52.
44. **Казаров, К.Р.** Номограмма для установления связи между качеством распределения семян в борозде и всходами в рядке//Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства.-1986.-№ 8. -С. 56-57.
45. **Казаров, К.Р.** Об оценке равномерности заделки семян сахарной свеклы в борозду / К.Р. Казаров, И.К.Лукина, В.А. Черников// Сахарная свекла. - 2006. -№ 2. -С.12-13.
46. **Казаров, К.Р.** Обоснование параметров формирования густоты насаждения сахарной свеклы вручную/ К.Р. Казаров, И.К. Лукина. Воронеж, госагроуниверситет, 1995. Деп. во ВНИИТЭИагропром 5.07.95, №.148 ВС-95. -44 с.

47. **Казаров, К.Р.** Обоснование рациональной массы маточников сахарной свёклы путём моделирования/ К.Р. Казаров, И.К. Лукина, В.А. Черников, Н.А. Суворин/ Вестник Орловского ГАУ. – 2016. №6(63) – С.58 – 66.
48. **Казаров, К.Р.** Обоснование схемы посева маточной сахарной свеклы/ К.Р.Казаров, В.А. Черников, О.Н. Щербаков, Н.А. Суворин, С.Н. Гусев// Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации сельского хозяйства: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры сельскохозяйственных машин агроинженерного факультета Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I (Россия, Воронеж, 25 декабря 2015 г.). - Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2015. С. 70-76.
49. **Казаров, К.Р.** Основы теории и расчёта рабочих органов сельскохозяйственных машин (учебное пособие) / К.Р. Казаров, - Воронеж, 2005 – 228 с.
50. **Казаров, К.Р.** Оценка распределения растений вдоль рядка / К.Р. Казаров, В.А. Черников // Вестник Воронежского ГАУ. - 2015. - №4(47) - С. 126 - 130.
51. **Казаров, К.Р.** Оценка числовых характеристик преобразования потока семян в поток растений/ К.Р. Казаров, В.А. Черников/ZXIV международная научно-практическая конференция: «Научное обозрение физико-математических и технических наук в XXI веке» (Россия, г. Москва, - 27-28.02.2015). - №2 (14) - 2015 С. 27 - 31.
52. **Казаров, К.Р.** Разработка теории и методов выбора технологических параметров механизированного формирования густоты насаждения сахарной свеклы/К.Р. Казаров // Автореф. дис....докт. техн. наук.- Воронеж: ВГАУ, 1998.-34 с.
53. **Казаров, К.Р.** Распределение семян сахарной свеклы на ленте при посеве одним высевальным аппаратом с междурядьем 15 см [Текст] / К.Р. Казаров, В.А. Черников, Суворин Н.А., Гусев С.Н. // Инновационные

технологии и технические средства для АПК: материалы науч. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (Воронеж, 01-08 апреля 2013 г.) – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. – 2013. – С. 73-76.

54. **Казаров, К.Р.** Формирование густоты насаждения сахарной свеклы механическими вдольрядными прореживателями/ Казаров К.Р. [и др.]// Индустриальная технология возделывания сахарной свеклы в ЦЧЗ: Сб. науч. тр./ Воронеж. с.-х. ин-т.-1982.-Т.120.-с.128-134.
55. **Казаров, К.Р.,** Влияние числовых характеристик распределения семян в борозде на урожайность сахарной свеклы [Текст] / К.Р. Казаров, В.А. Черников, И.К. Лукина, Ю.И. Солдатов, О.Н. Щербаков // Новые технологии и технические средства для эффективного развития АПК: Материалы национальной научно-практической конференции Воронежского государственного аграрного университета им. императора Петра I (Воронеж, 26 февраля 2019 г.) – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. – 2019. – С. 88-94.
56. **Казаров, К.Р.,** Моделирование выхода маточных корнеплодов сахарной свеклы при различных схемах посева [Текст] / К.Р. Казаров, В.А. Черников, И.К. Лукина, Ю.И. Солдатов // Актуальные проблемы агроинженерии и пути их решения (Майский, 19 ноября 2018 г.) – Майский: ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ. – 2018. – С. 81-85.
57. **Казаров, К.Р.,** Обоснование нормы высева семян сахарной свеклы путем моделирования [Текст] / К.Р. Казаров, В.А. Черников, И.К. Лукина, Ю.И. Солдатов // Новые технологии и технические средства для эффективного развития АПК: Материалы национальной научно-практической конференции Воронежского государственного аграрного университета им. императора Петра I (Воронеж, 26 февраля 2019 г.) – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. – 2019. – С. 94-100.
58. **Каракотов, С.Д.** Перспективы развития семеноводства сахарной свеклы и использование отечественных дражированных семян/С.Д. Каракотов.

Электронный ресурс – Режим доступа: <http://www.betaren.ru/pressa/112/>.
- 7 с. (дата обращения: 3.03.2018).

59. **Колчина, Л. М.** Технологии и техника для возделывания и уборки сахарной свеклы: справочник / Л. М. Колчина. — Москва: Росинформагротех, 2012. — 80 с. — ISBN 978-5-7367-0921-2. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/15781.html> (дата обращения: 25.03.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
60. Комбинация плантера Tempo R 18 с навесным баком FH 2200 // Журнал Agroreport. – 2016. – № 4-5. – С. 69.
61. **Кравец, М. В.** ОСОБЕННОСТИ БЕЗВЫСАДОЧНОГО СЕМЕНОВОДСТВА САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В ЦЧР. // «Научно-практический электронный журнал Аллея Науки». – 2018. - №11 (27) [URL// <http://www.allev-science.ru>], (дата обращения 24.03.2020). Режим доступа - https://allev-science.ru/domains_data/files/04December2018/OSOBENNOSTI%20BEZVYSADOCNOGO%20SEMENOVODSTVA%20SAHARNOY%20SVEKLY%20V%20CCChR.pdf
62. **Кристиан Брюзе.** Сеялка точного высева Horsch Maestro RX / Кристиан Брюзе – Текст: электронный // Журнал AgroReport – URL: <https://agroreport.ru/test-drives/sevalka-tochnogo-vyseva-horsch-maestro-rx/> (дата обращения: 20.04.2020).
63. **Кудрявцев, Е.М.** Mathcad 2000 Pro/Е.М. Кудрявцев. - ДМК Пресс, 2001. - 576 с
64. Кумулятивная функция распределения – [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/994031#.D0.9E.D0.BF.D1.80.D0.B5.D0.B4.D0.B5.D0.BB.D0.B5.D0.BD.D0.B8.D0.B5>
65. **Лукина, И. К.** Пути увеличения выхода маточных корнеплодов сахарной свеклы при формировании густоты насаждения: дисс. канд. с/х наук.

Воронежский государственный аграрный университет им. К.Д. Глинки, Воронеж, 2007.

66. Механическая сеялка точного высева Monopill S, Kverneland – Текст: электронный // Компания Kverneland: Интернет-портал. – URL: <https://ru.kverneland.com/Posevnaya-tehnika/Sevalki-tochnogo-vyseva/Mehanicheskaya-sevalka-tochnogo-vyseva-Monopill-S-Monopill-e-drive-II> (дата обращения: 17.04.2020).
67. **Никитин, А.Ф.** Принципы, способы и технические решения прогрессивных технологий производства (возделывание, уборка и хранение) сахарной свеклы / А.Ф.Никитин // Автореф. дис. в виде научного доклада... докт. с-х. наук.-ВНИИСС, Рамонь 2006.-56 с.
68. Пат. 2014112894/13 Российская Федерация, МПК А01G 22/25 (2018.01) Способ посева сахарной свеклы [Текст] / Горшенин В.И., Абросимов А.Г., Соловьев С.В., Дробышев И.А.; заявитель и патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Мичуринский государственный аграрный университет" - № 2014112894/13; заявл. 02.04.2014; опубл. 10.10.2015, Бюл. № 28 – 2 с.
69. Пат. 2015156671 Российская Федерация, МПК А01В 79/02 (2006.01) Машина для ухода за растениями сахарной свеклы, высеянной по схеме 15+45 см [Текст] / Горшенин В. И., Абросимов А.Г., Соловьев С.В., Дробышев И.А., Алёхин А.В.; заявитель и патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Мичуринский государственный аграрный университет". - №2015156671; заявл. 28.12.2015; опубл. 28.12.2015, Бюл. № 22 (II ч.). – 6 с.
70. Пат. 2016111819 Российская Федерация, МПК А01G 22/25 (2018.01) Машина для ухода за растениями сахарной свеклы [Текст] / Горшенин В.И., Абросимов А.Г., Соловьев С.В., Дробышев И.А., Алёхин А.В.; заявитель и патентообладатель федеральное государственное бюджетное

- образовательное учреждение высшего профессионального образования "Мичуринский государственный аграрный университет" - № 2016111819; заявл. 29.03.2016; опубл. 29.08.2017 Бюл. № 25 – 2 с.
71. Пат. 2016121348 Российская Федерация, МПК А01С 7/08 (2006.01) Высевающий аппарат с пневматическим приводом [Текст] / Редкокашина А. В., Коловская Т. М., Иншаков С. В., Иншаков Р. С.; заявитель и патентообладатель Приморская государственная сельскохозяйственная академия - № 2016121348; заявл. 30.05.2016; опубл. 11.07.2017 Бюл. № 20.
72. Пат. 2019106399 Российская Федерация, МПК А01G 22/25 (2018.01)) Способ выращивания маточных корнеплодов сахарной свеклы [Текст] / Гаврин Д.С., Бартнев И.И., Путилина Л.Н.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ "ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова" - № 2019106399; заявл. 06.03.2019; опубл. 22.11.2019, Бюл. № 33 – 5 с.
73. Пат. 94010146/13 Российская Федерация, МПК А01В 79/02 (1995.01) Способ выращивания маточных корнеплодов сахарной свеклы [Текст] / Токарев В.А., Никифоров А.Н., Борзенков В.А.; заявитель и патентообладатель Всероссийский НИИ механизации сельского хозяйства - № 94010146/13; заявл. 22.03.1994; опубл. 27.09.1996, – 2 с.
74. **Полевщиков, С.И.** Динамика роста массы корнеплодов и ботвы // Сахарная свёкла. – 2005. - №7 – С. 27 – 29.
75. Посев сахарной свеклы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.agrocounsel.ru/posev-saharnoj-svekly>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения 27.09.2018)
76. Прицепная сеялка точного высева 3XL TWIN 816 – Текст: электронный // Журнал Agreport: Интернет-портал. – URL: <https://agreport.ru/agrosalon/drayv/sevalka-tochnogo-vyseva-matermass-3xl-twin-816/> (дата обращения: 16.04.2020).
77. Прицепная сеялка точного высева 3XL TWIN 816 // Журнал Agreport. – 2016. – № 4-5. – С. 67.

78. Растениеводство. Учебник для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. - Н.И.Машкевич. - М.: Высшая школа, 1974. - 455с.
79. Ресурсосберегающая технология и техника производства сахарной свеклы : монография / А. И. Завражнов, В. И. Горшенин, С. В. Соловьев [и др.] ; под общей редакцией А. И. Завражнова. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 164 с. — ISBN 978-5-8114-3751-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/125717> (дата обращения: 26.03.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
80. Сахарная свекла: площади, сборы и урожайность в 2001-2019 гг. [Электронный ресурс] / Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <https://ab-centre.ru/news/saharnaya-svekla-ploschadi-sborv-i-urozhaynost-v-2001-2019-gg>, свободный, (дата обращения 26.03.2020 г.)
81. **Сенке Шульц.** Kverneland Optima TF profi с высевающей секцией SX / Сенке Шульц – Текст: электронный //Журнал AgroReport – URL: <https://agroreport.ru/test-drives/sevalka-tochnogo-vyseva-amazone-precea-4500-2c-super/> (дата обращения: 21.04.2020).
82. **Сенке Шульц.** Сеялка для посева сахарной свеклы Grimme Matrix 1800 / Штефан Товерник, Сенке Шульц. – Текст: электронный //Журнал AgroReport – URL: <https://agroreport.ru/agrosalon/sevalka-dlya-poseva-sakharnoy-svekly-grimme-matrix-1800/> (дата обращения: 22.04.2020).
83. **Сенке Шульц.** Сеялка точного высева Amazone Precea 4500-2C Super / Сенке Шульц, Штефан Товерник – Текст: электронный //Журнал AgroReport – URL: <https://agroreport.ru/test-drives/sevalka-tochnogo-vyseva-amazone-precea-4500-2c-super/> (дата обращения: 21.04.2020).
84. Сеялка Lemken Azurit 9 – Текст: электронный //Компания Lemken: Интернет-портал. – URL: <https://lemken.com/ru/posevnaja-tehnika/sejalki-tochnogo-vyseva/azurit-9/> (дата обращения: 20.04.2020).
85. Сеялка точного высева Пресеа – Текст: электронный //Компания AMAZONE: Интернет-портал. – URL:

<https://go.amazone.de/go2020/agritechnica/2019/neuheiten-ru-ru/saechnik-ru-ru/einzelkorn-saemaschine-precea-ru-ru/> (дата обращения: 21.04.2020).

86. **Солдатов, Ю.И.** Анализ распределения семян сахарной свёклы сеялкой ССТ-12В в системе R [Текст] / Ю.И. Солдатов, К.Р. Казаров, П.В. Москалев // Наука, образование и инновации в современном мире (НОИ-2019): Материалы Национальной научной конференции Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I (Воронеж, 17-18 апреля 2019 г.) – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. – 2019. – С. 251-256.
87. **Солдатов, Ю.И.,** Обзор современных частотных преобразователей [Текст] / Ю.И. Солдатов, С.А. Филонов // Инновационные технологии и технические средства для АПК: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов Воронежского государственного аграрного университета им. императора Петра I (Воронеж, 14-16 ноября 2018 г.) – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. – 2018. – С. 458-462.
88. **Суворин, Н.А.** Исследование высевающего аппарата для посева семян маточной сахарной свеклы загущенным способом [Электронный ресурс] : выпускная квалификационная работа (магистерская диссертация) : 35.04.06 Агроинженерия / Н. А. Суворин ; Воронежский государственный аграрный университет, Агроинженерный факультет, Кафедра сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ; науч. рук. К. Р. Казаров .— Воронеж, 2018 [Режим доступа]— Свободный доступ из интрасети ВГАУ .— <URL:http://catalog.vsau.ru/elib/vsauvkr/v27793.pdf>.
89. **Суворин, Н.А.** Исследование высевающего аппарата для посева семян маточной сахарной свеклы [Электронный ресурс] : выпускная квалификационная работа (бакалаврская работа) : 35.03.06 Агроинженерия / Н. А. Суворин ; Воронежский государственный аграрный университет, Агроинженерный факультет, Кафедра сельскохозяйственных машин ; науч. рук. К. Р. Казаров .— Электр. текст.

дан.— Воронеж, 2016 . [Режим доступа]— Свободный доступ из интрасети ВГАУ <URL:<http://catalog.vsau.ru/elib/vsauvkr/v600.pdf>>.

90. **Труфанов, В.В.** Моделирование процесса заделки семян рабочими органами сеялки / В.В. Труфанов, М.Н. Яровой, Н.Н. Булыгин // Научно-технические проблемы в развитии ресурсосберегающих технологий и оборудования лесного комплекса: материалы Международной научно-практической конференции - Воронеж, 1998. - С. 111.
91. **Труфанов, В.В.** Пути снижения перекатывания семян в борозде при посеве/В.В. Труфанов, И. А. Резниченко, М.Н. Яровой// Совершенствование технологий и технических средств производства продукции растениеводства и животноводства: Сб. науч. тр. - Воронеж, 1998. - С. 60 - 66.
92. **Филонов, С.А.**, Частотно-регулируемый электропривод как способ оптимизации электропотребления [Текст] / С.А. Филонов, Н.В. Прибылова, Ю.И. Солдатов // Наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: Материалы международной научно-практической конференции Воронежского государственного аграрного университета им. императора Петра I (Воронеж, 26-27 ноября 2018 г.) – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. – 2018. – С. 197-204.
93. **Чернышов, А.Т.** Выращивание семенников мелкими корнеплодами, полученными в летних загущенных посевах/ А.Т. Чернышов, Н.П. Давиденко, ТА Моторкина //Научные разработки в свекловодстве ЦЧП; Сб. науч. труд. ВНИС. Киев - 1985. - С. 58 - 62.
94. Энциклопедический словарь юного математика / сост. А.П. Савин. – М.: Педагогика, 1985. – 352 с., ил.

ПРИЛОЖЕНИЯ

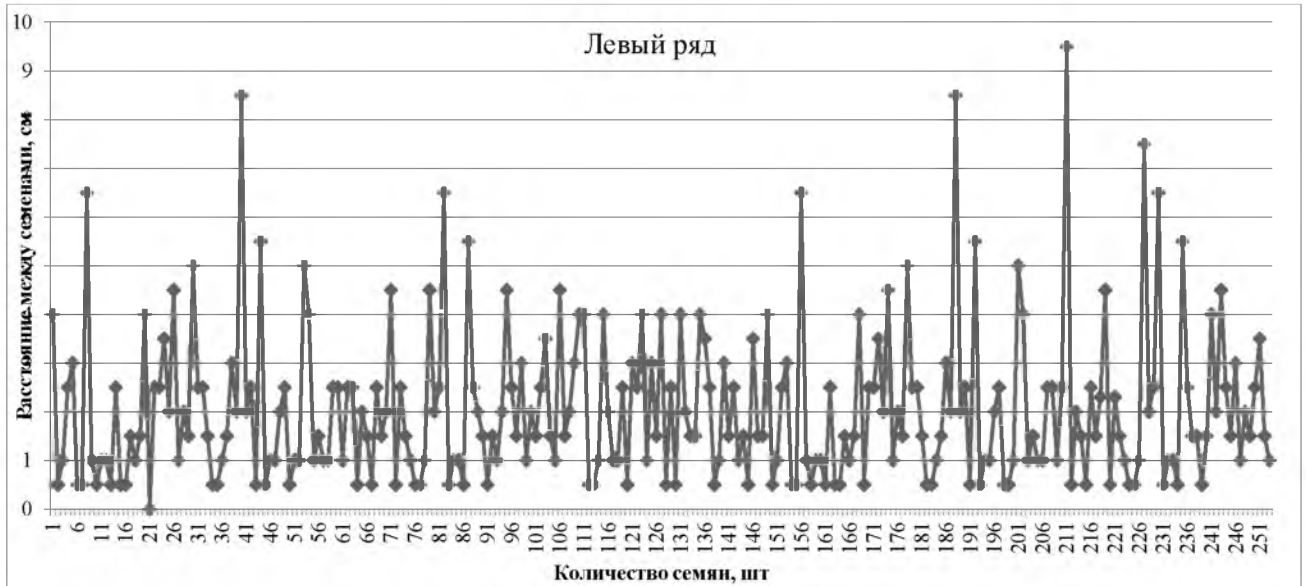


Рисунок 1 - Расстояние между семенами на ленте, при скорости 0,82 м/с (левый ряд)

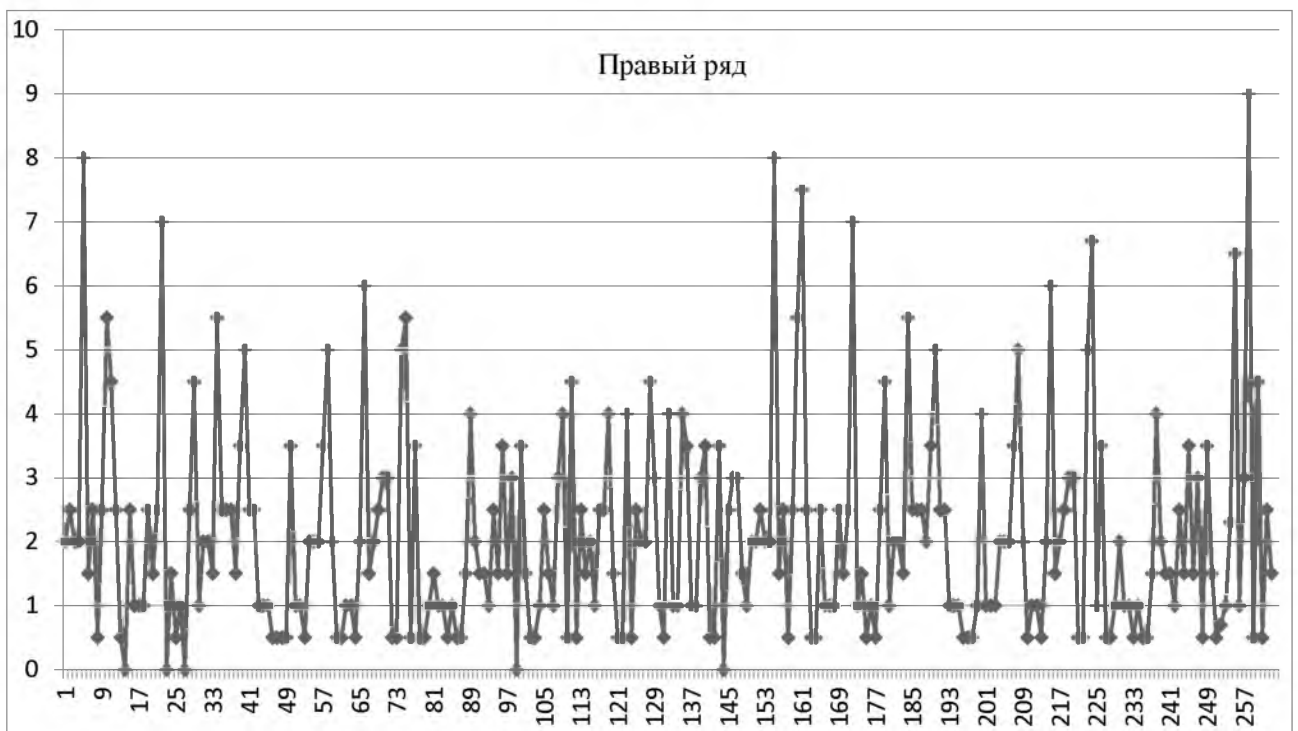


Рисунок 2 - Расстояние между семенами на ленте, при скорости 0,82 м/с (правый ряд)

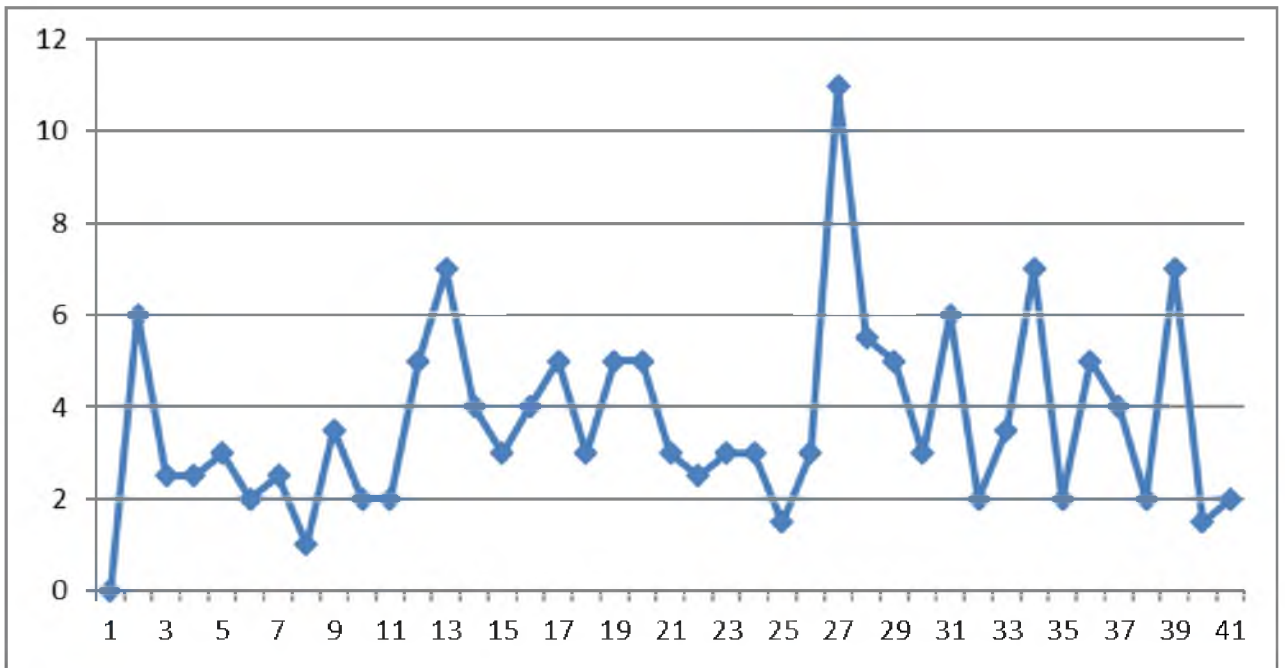


Рисунок 3 - Расстояние между семенами на ленте, при скорости 1,07 м/с (левый ряд)

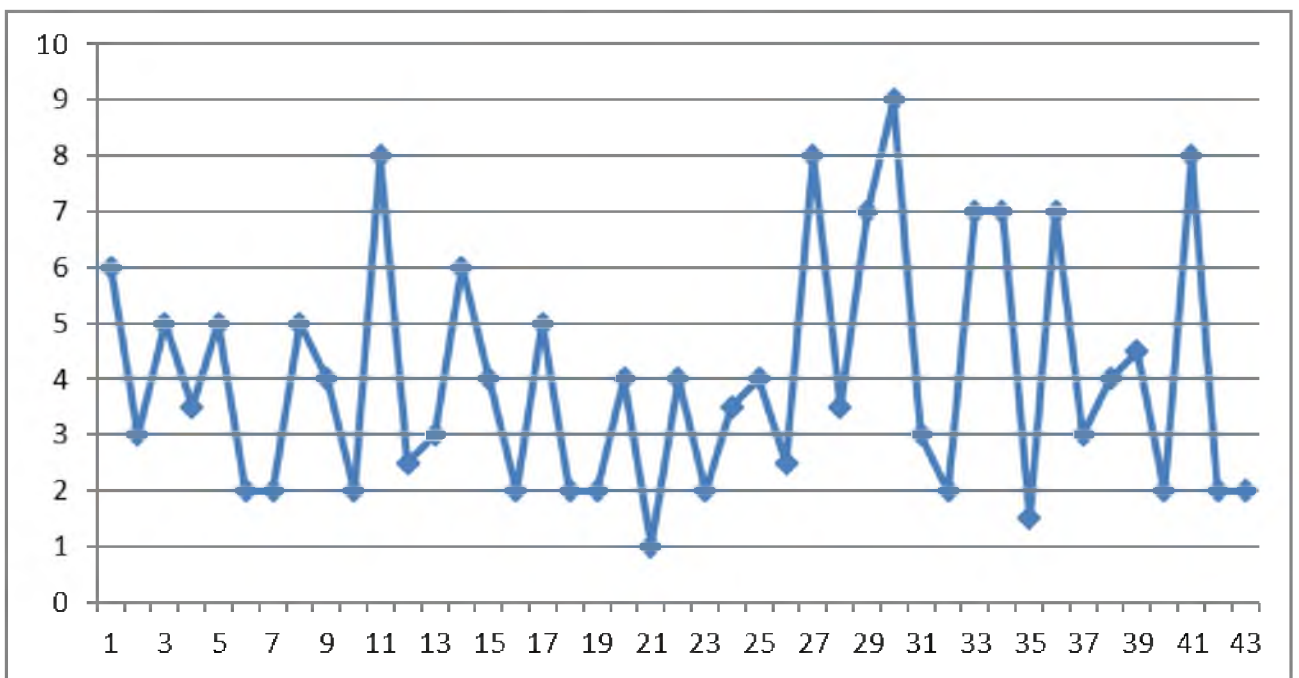


Рисунок 4 - Расстояние между семенами на ленте, при скорости 1,07 м/с (правый ряд)

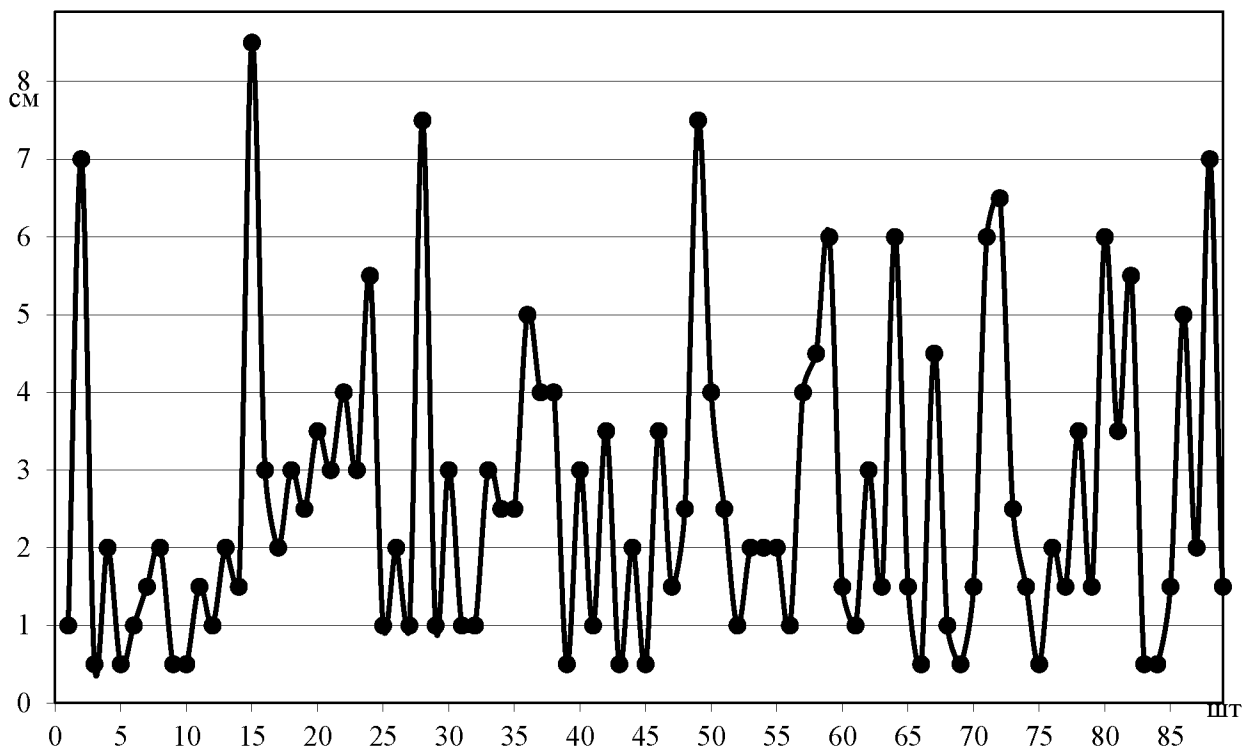


Рисунок 5 - Распределение семян сахарной свеклы в левом рядке при скорости ленты 1,3 м/с

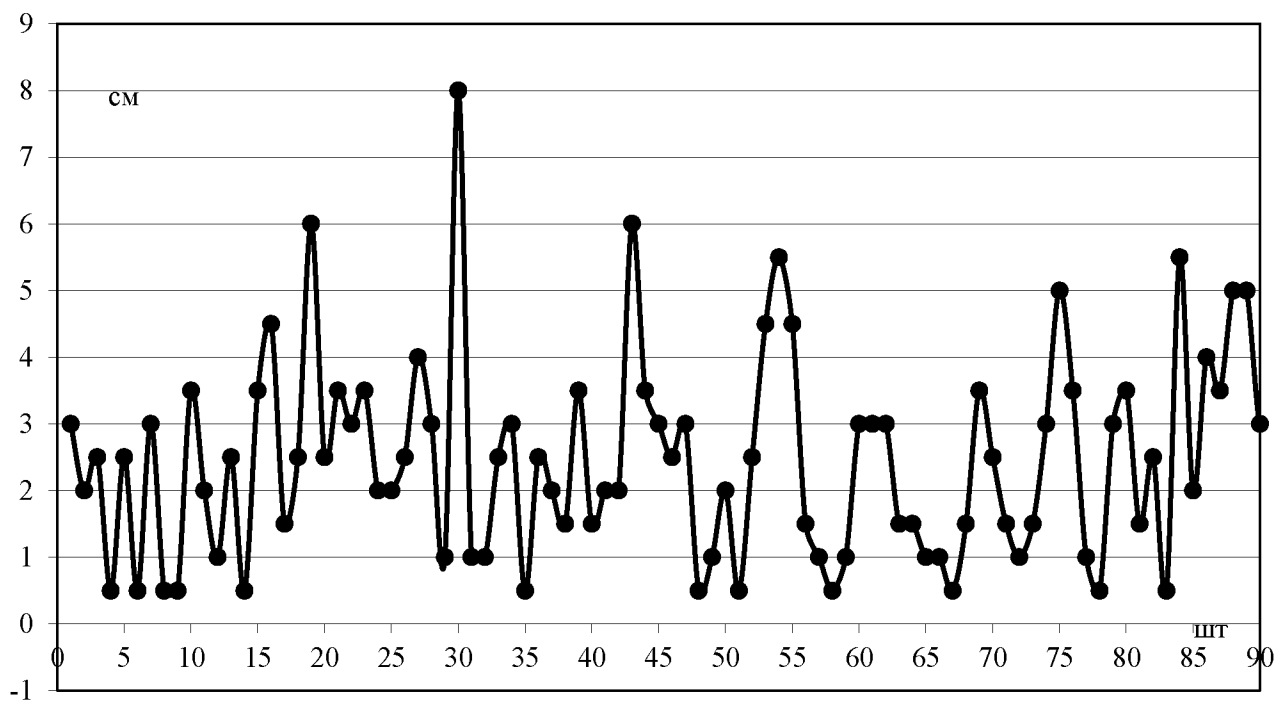


Рисунок 6 - Распределение семян сахарной свеклы в правом рядке при скорости ленты 1,3 м/с

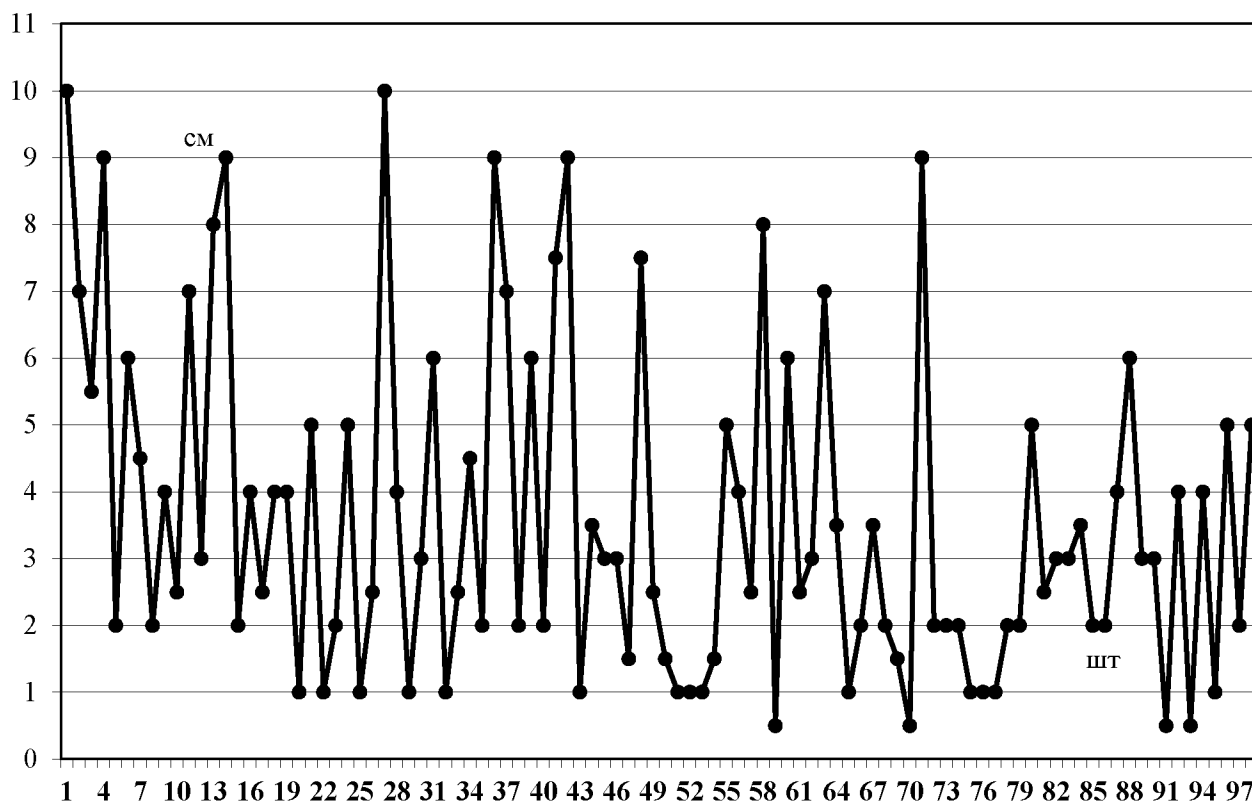


Рисунок 7 - Распределение семян сахарной свеклы в левом рядке при скорости ленты 1,46 м/с

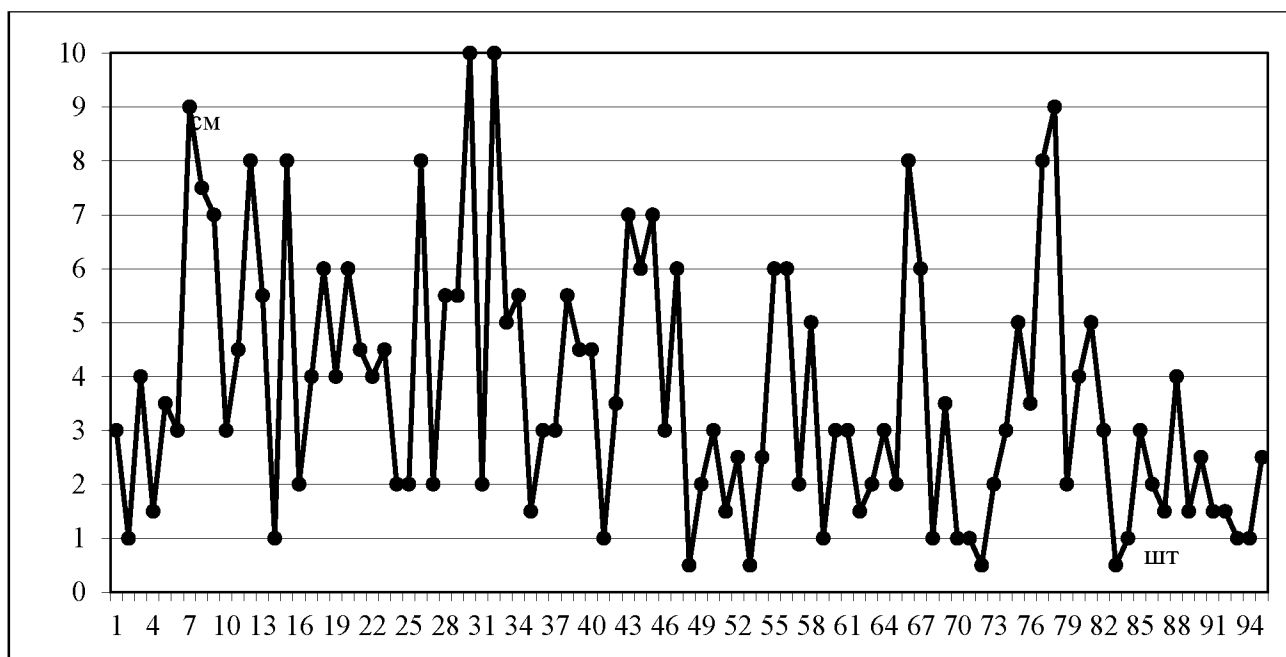


Рисунок 8 - Распределение семян сахарной свеклы в правом рядке при скорости ленты 1,46 м/с

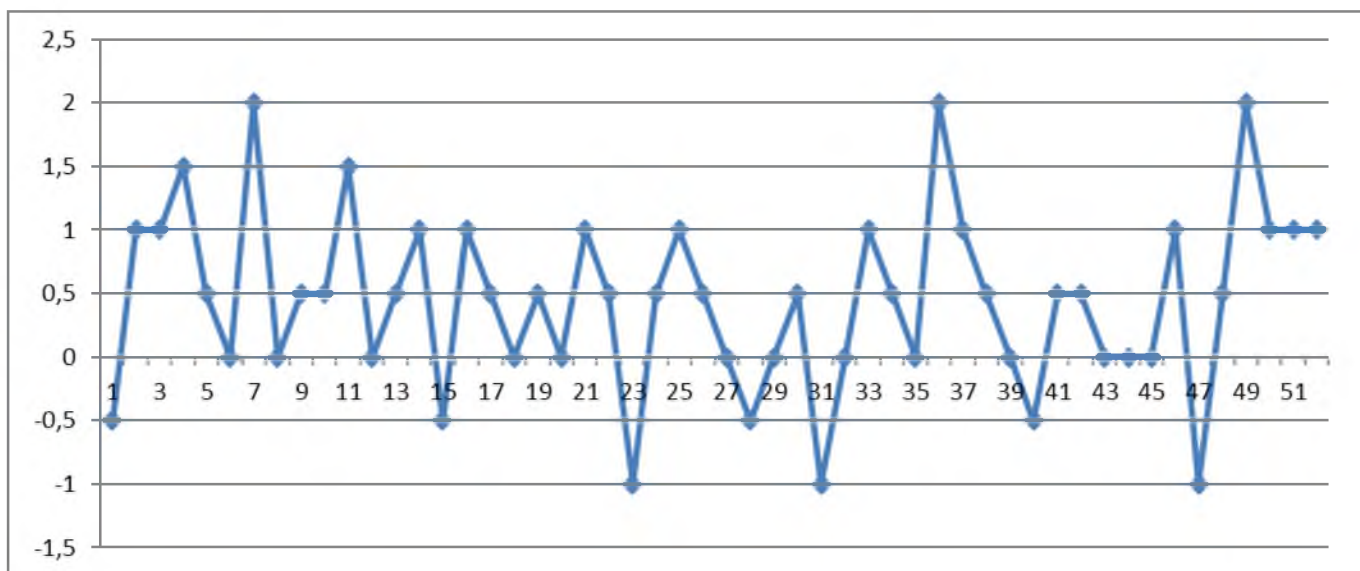


Рисунок 9 - Распределение семян сахарной свеклы в левом рядке при скорости ленты 1,62 м/с

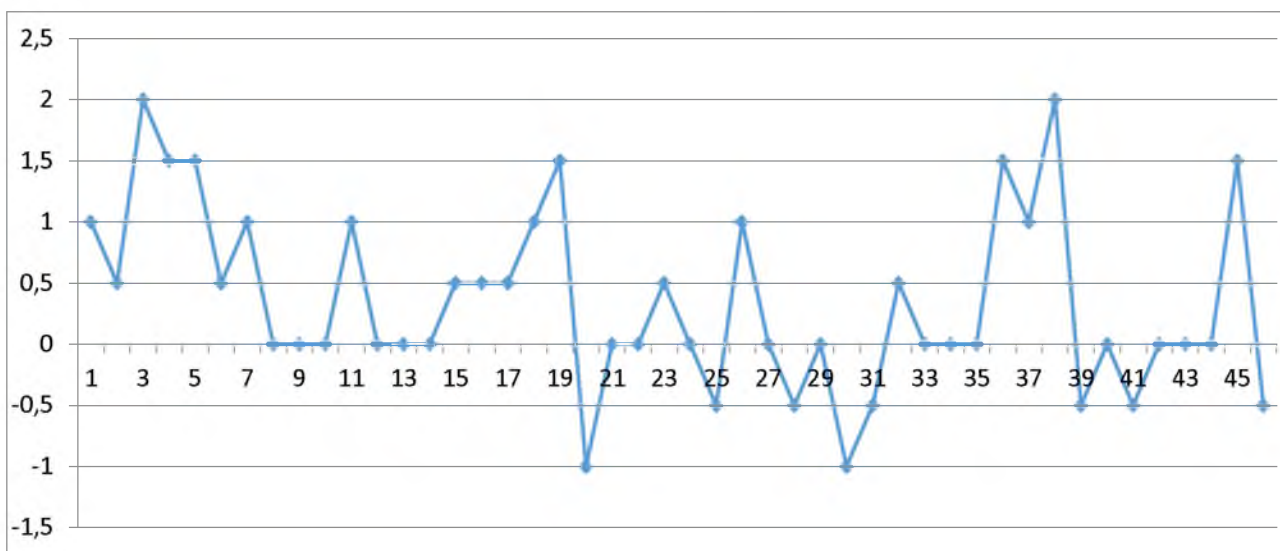


Рисунок 10 - Распределение семян сахарной свеклы в правом рядке при скорости ленты 1,62 м/с