

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»

На правах рукописи

Аксенов Александр Геннадьевич

**ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АДАПТИВНЫХ
МАШИННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ
ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛУКОВЫХ КУЛЬТУР**

**Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского
хозяйства**

Диссертация на соискание учёной степени
доктора технических наук

Научный консультант - доктор технических наук,
академик РАН Измайлов Андрей Юрьевич

Москва - 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ЛУКА В МИРЕ И РОССИИ.....	12
1.1 ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА ЛУКОВЫХ КУЛЬТУР В РОССИИ И ЗАРУБЕЖОМ.....	12
1.2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛУКОВЫХ КУЛЬТУР.....	18
1.3 АНАЛИЗ МАШИННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЛУКОВЫХ КУЛЬТУР.....	25
1.4 ВЫВОДЫ. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	54
2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ АДАПТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛУКОВЫХ КУЛЬТУР.....	57
2.1 МЕТОД И МОДЕЛЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАШИННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛУКОВЫХ КУЛЬТУР.....	57
2.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЯ АДАПТАЦИИ МАШИННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЛУКОВЫХ КУЛЬТУР.....	69
2.3 СОРТОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЛУКОВЫХ КУЛЬТУР И ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ЗОНЫ ИХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	78
2.4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МАШИННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛУКОВЫХ КУЛЬТУР.....	90
2.5 ВЫВОДЫ.....	93
3. РАЗРАБОТКА АДАПТИВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛУКОВЫХ КУЛЬТУР.....	95
3.1 МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЛУКОВЫХ КУЛЬТУР.....	96
3.2 РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МАШИНЫ ДЛЯ ЛЕНТОЧНОГО ПОСЕВА СЕМЯН ЛУКА.....	99
3.3 РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МАШИНЫ ДЛЯ ОРИЕНТИРОВАННОЙ ПОСАДКИ ЛУКОВЫХ КУЛЬТУР.....	111
3.4 РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РОЛИКОВОГО КАЛИБРАТОРА С ЭЛАСТИЧНЫМИ ИНТЕНСИФИКАТОРАМИ.....	125
3.5 ВЫВОДЫ.....	136
4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗРАБОТАННЫХ АДАПТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛУКОВЫХ КУЛЬТУР.....	138

4.1	ПРОГРАММА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАЗРАБОТАННЫХ АДАПТИВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛУКОВЫХ КУЛЬТУР.....	138
4.2	СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ СЕМЯН ОТРАЖАЮЩЕГО ТИПА МАШИНЫ ДЛЯ ЛЕНТОЧНОГО ПОСЕВА СЕМЯН ЛУКА.....	139
4.3	ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА РОЛИКОВОГО КАЛИБРАТОРА С ЭЛАСТИЧНЫМ ИНТЕНСИФИКАТОРОМ МЕТОДОМ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА.....	155
4.4	ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА ВЫСАЖИВАЮЩЕГО АППАРАТА МАШИНЫ ДЛЯ ОРИЕНТИРОВАННОЙ ПОСАДКИ ЛУКОВИЦ.....	174
4.5	ВЫВОДЫ.....	184
5	ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АДАПТИВНЫХ МАШИННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....	186
5.1	МЕТОДИКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗРАБОТАННЫХ АДАПТИВНЫХ МАШИННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....	186
5.2	ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗРАБОТАННЫХ ОПЫТНЫХ МАШИН	191
5.3	ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ РАЗРАБОТАННЫХ АДАПТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛУКОВЫХ КУЛЬТУР.....	199
5.4	ВЫВОДЫ.....	207
	ОБЩИЕ ВЫВОДЫ.....	209
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	216
	ПЕРЕЧЕНЬ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	238
	ПРИЛОЖЕНИЯ.....	246
	ПРИЛОЖЕНИЕ А – Приборы и оборудование, применяемые при проведении исследований.....	247
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Графики средних температур и осадков на территории опытных предприятий.....	248
	ПРИЛОЖЕНИЕ В – Схемы закладываемых экспериментов	250
	ПРИЛОЖЕНИЕ Г – Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.....	256
	ПРИЛОЖЕНИЕ Д – Патент на изобретение сошника	258
	ПРИЛОЖЕНИЕ Е – Патент на изобретение высаживающего аппарата	259
	ПРИЛОЖЕНИЕ Ж – Акт приемочной комиссии	261
	ПРИЛОЖЕНИЕ И – Патенты на изобретения по теме исследований	263

ПРИЛОЖЕНИЕ К – Акт внедрения материалов научно-исследовательской работы.....	267
ПРИЛОЖЕНИЕ Л – Диплом за разработку по теме исследований	268
ПРИЛОЖЕНИЕ М – Результаты расчетов по обоснованию распределителя-отражателя семян лука.....	269
ПРИЛОЖЕНИЕ Н – Протокол МИС испытания опытного образца.....	270
ПРИЛОЖЕНИЕ П – Расчетные экономические показатели.....	272
ПРИЛОЖЕНИЕ Р – Соглашение о сотрудничестве.....	273
ПРИЛОЖЕНИЕ С – Акты о внедрении результатов НИОКР	274
ПРИЛОЖЕНИЕ Т – Справки о внедрении в учебный процесс	276

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы. В соответствии со Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации от 01 декабря 2016 года на сегодняшний день наиболее значимыми вызовами для общества, государства и науки является «Обеспечение продовольственной безопасности и независимости России, конкурентоспособности отечественной продукции на мировых рынках продовольствия, снижение технологических рисков в агропромышленном комплексе». При этом целью Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы является «Снижение уровня импортозависимости за счет внедрения и использования: технологий производства семян высших категорий и технологий производства, переработки и хранения сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия путем увеличения числа конкурентоспособных отечественных технологий» [199, 201].

Одной из наиболее импортозависимых отраслей сельского хозяйства является овощеводство. В 2018 году в Россию было импортировано более 1 млн. тонн овощей, а с учетом стран «Таможенного союза» более 2 млн. тонн. При этом среди овощей открытого грунта большая доля импорта приходится на луковые культуры, которые вместе с семенами импортируются ежегодно на общую сумму более 15 млрд. рублей. Это объясняется тем, что большая доля производства луковых культур приходится на хозяйства населения, где преобладает ручной труд. Из-за урбанизации сельского населения это производство стремительно снижается. Освоение данного объема производства в организованных хозяйствах (КФХ и СХО) затрудняется отсутствием на рынке комплексных технологических и технических решений для производства луковых культур в почвенно-климатических условиях РФ, и в первую очередь технических средств для посева семян лука, посадки и калибрования луковиц [15].

Целью высокоэффективного производства луковых культур является достижение максимальных урожаев требуемого качества при минимальных

затратах. Этого можно добиться применением подходящей технологии возделывания луковых культур на основе прогнозирования урожайности, с учетом сорта, почвенно-климатических и агротехнических условий; за счет оптимизации норм внесения семян и удобрений. Анализ структуры производства показывает, что основной объем лука возделывается в однолетней культуре из семян, что не позволяет обеспечивать спрос на лук круглый год, так как такой лук созревает только в конце августа, а хранится до марта. В период с апреля по август, внутреннее потребление может обеспечиваться луком, произведенным в двухлетней культуре из севка, при этом ключевыми операциями в этой технологии является ленточный посев семян лука, посадка и калибрование луковиц; однако технические средства в полной мере отвечающие агротехническим требованиям на эти операции отсутствуют. Основной проблемой в их разработке является широкая вариабельность форм и размеров луковиц, в результате имеется большое разнообразие конструкций машин, удовлетворительно работающих на отдельных сортах, но не адаптивные к существующему изменению форм и размеров луковиц. Однако, в настоящий момент существует широкое разнообразие сортов и гибридов лука, которые сильно отличаются по форме и размерам, а следовательно, разрабатываемые рабочие органы машин для посадки и калибрования луковиц должны быть адаптивными к изменяющейся форме и размерам луковиц. В связи с этим актуальной проблемой является разработка комплекса технических средств для возделывания луковых культур, включающего в себя машины для посева семян лука, посадки и калибрования луковиц, а также программное обеспечение для разработки машинных технологий адаптивных к почвенно-климатическим условиям и физико-механическим свойствам посадочного материала.

Научная гипотеза. Повышения эффективности возделывания луковых культур возможно достичь путём обоснования и разработки машинных технологий и технических средств, адаптивных к физико-механическим и технологическим свойствам семенного материала и почвы.

Цель работы. Повышение эффективности производства луковых культур путём обоснования и разработки адаптивных машинных технологий и технических средств для посева семян лука, калибрования и посадки луковиц.

Задачи исследований:

- проанализировать существующие технологии и технические средства для возделывания луковых культур и определить направления их совершенствования;

- разработать метод и модель проектирования адаптивных машинных технологий для возделывания луковых культур с учетом их адаптивности к физико-механическим и технологическим свойствам семенного материала и почвы;

- теоретически обосновать параметры и разработать конструкции технических средств для ленточного посева семян лука, калибрования и ориентированной посадки луковиц;

- экспериментально исследовать в лабораторных и полевых условиях разработанные адаптивные технологии и технические средства для возделывания луковых культур;

- провести технико-экономические исследования разработанных адаптивных машинных технологий и технических средств в производственных условиях;

- выполнить опытно-производственную проверку и внедрение разработанных адаптивных технологий и технических средств для возделывания луковых культур;

- разработать рекомендации по применению разработанных адаптивных машинных технологий и технических средств для возделывания луковых культур научно-образовательным, промышленным и сельскохозяйственным организациям.

Объект исследований. Машинные технологии и технические средства для возделывания луковых культур.

Предмет исследований. Адаптивность конструктивных и технологических параметров технических средств для возделывания луковых культур к изменению физико-механических свойств луковиц и почв.

Методология и методы исследований. Для решения поставленных задач проведены аналитические исследования для классификации рабочих органов по степени их адаптивности к факторам производства. Применены элементы динамического программирования для формирования адаптивных машинных технологий возделывания луковых культур. В теоретических исследованиях применены законы и методы классической механики и математики. В экспериментальных исследованиях использованы теории однофакторного и многофакторного эксперимента для лабораторных и лабораторно-полевых условий в соответствии СТО АИСТ и ГОСТ. Обработка экспериментальных результатов исследований проводилась с использованием прикладных программ «Mathcad», «Exel», «STATISTICA».

Научную новизну представляют:

- принципы воздействия адаптивных технических средств эластичного типа на луковицы при их калибровании и посадке;
- критерий адаптации машинной технологии возделывания луковых культур, показывающий отзывчивость луковых культур на применение адаптивных технических средств в различных почвенно-климатических условиях;
- метод и модель разработки адаптивных машинных технологий возделывания луковых культур;
- классификация рабочих органов для посадки и калибрования луковиц по степени их адаптивности к факторам производства (форме луковиц и типу почв);
- конструктивно-технологические схемы и параметры сошника для ленточного посева с распределителем-отражателем семян изотонного типа, высаживающего аппарата комбинированного типа (катушечно-вильчатого),

обеспечивающего ориентацию луковиц донцем вниз при посадке, роликового калибратора с эластичным интенсификатором;

- математические модели, описывающие параметры распределителя-отражателя семян изотонного типа; рабочий процесс катушечно-вильчатого высаживающего аппарата и роликового калибратора с эластичным интенсификатором;

- алгоритм компьютерной программы «Программа подбора оптимальной машинной технологии возделывания луковых культур» для формирования адаптивных машинных технологий.

Новизна технических решений подтверждается патентами РФ на изобретение № 2544631, № 2562535, № 2021108790, № 2708166; свидетельством на регистрацию программы для ЭВМ № 2018619692 и др.

Практическая значимость. Теоретические и экспериментальные зависимости для разработки и изготовления адаптивных технических средств для возделывания луковых культур. Компьютерная программа «Программа подбора оптимальной машинной технологии возделывания луковых культур» для разработки адаптивных машинных технологий возделывания луковых культур, которая позволяет реализовать в автоматическом режиме сравнение вариантов технологий по заданным параметрам для условий конкретной организации. Посевная машина для ленточного посева с сошником, оснащенный распределителем-отражателем изотонного типа для посева семян лука во всем интервале рабочих скоростей 1,9-2,8 м/с, с соблюдением агротехнических требований по равномерности распределения семян. Роликовый калибратор с эластичными интенсификаторами для калибрования и получения первого сорта репчатого лука по ГОСТ при поступательной скорости транспортера 0,21 м/с и производительности калибратора 5,1 т/ч. Посадочная машина, оснащенная катушечно-вильчатым высаживающим аппаратом для ориентированной посадки луковиц всех фракций и форм при угле наклона семяпровода в интервале 35-40 градусов.

Реализация результатов исследований. Разработанные и изготовленные в НПЦ «Сеялка» при ОАО «Радиозавод» (г. Пенза) и ООО «Агротехмаш» (г. Рязань), ФГБНУ ФНАЦ ВИМ адаптивные технические средства для возделывания луковых культур, в том числе машина для ленточного посева, машина с катушечно-вильчатым высаживающим аппаратом для ориентированной посадки луковиц и роликовый калибратор с эластичными интенсификаторами, компьютерная программа «Программа подбора оптимальной машинной технологии возделывания луковых культур» по разработке адаптивных машинных технологий возделывания луковых культур прошли производственную проверку в АО «Озёры» (Московской области), в ООО «Новый урожай» (Пензенской области) и в ЗАО «Красный октябрь» (Ростовской области). Результаты теоретических и экспериментальных исследований внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «Пензенский ГАУ», ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, ФГБОУ ВО «Самарский ГАУ» и др. (Приложения С и Т).

Апробация. Основные положения диссертации были доложены и одобрены на научно-практических конференциях ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (с 2015...2018 гг.), ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (2016 г.), ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА» и ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ» (2013 г.), ФГОУ ВПО «Пензенская ГСХА» (с 2007...2010 гг.); на международной научно-технической конференции ГОУ ВПО «Пензенский ГУ» (2009 г.); на Всероссийских научно-практических конференциях ФГОУ ВПО «Мичуринский ГАУ» и «Самарская ГСХА» (2009 г.), а также в Вагенингенском университете, Нидерланды, (2019 г.).

Основные результаты исследований представлялись в качестве инновационного проекта на научно-инновационных конкурсах «УМНИК» и «СТАРТ» фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, в результате которых получено право на заключение двух государственных контрактов на выполнение НИОКР по теме данной диссертации.

Публикации. По теме данной диссертации опубликовано 70 печатных работ, в том числе 3 монографии; 5 статей в журналах, индексируемых в WoS и Scopus; 30 статей опубликованы в изданиях, указанных в «Перечне рецензируемых научных изданий ВАК» и 5 статей без соавторов. Получено 8 патентов на изобретение и полезную модель. Общий объем публикаций составляет 14,3 печатных листов, в том числе личный вклад автора данной диссертации - 7,2 печатных листа.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения; пяти разделов; общих выводов; списка использованной литературы, включающего 201 наименований и приложения на 34 страницах. Диссертация изложена на 281 странице, содержит 36 таблиц и 100 рисунков.

1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ЛУКА В МИРЕ И РОССИИ. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ.

1.1 ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА ЛУКОВЫХ КУЛЬТУР В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

По данным Продовольственной сельскохозяйственной организации (FAO) в 2019 г. валовой сбор репчатого лука в мире составил 99 млн. тонн при средней урожайности 192 ц/га. Крупнейшими производителями лука являются Китай и Индия - 22,3 и 19,3 млн. тонн соответственно, далее следуют ЕС - 5,7 млн. т, США - 3,16, Иран - 2,38 и замыкает шестерку Россия - 1,9 млн. тонн. Кроме этого, еще в 11 странах объем производимого лука превышает 1 млн. тонн ежегодно (таблица 1.1). Суммарно на эти 17 стран приходится 80% всего производства лука в мире [15], [195].

Таблица 1.1 – Крупнейшие страны-производители репчатого лука

№	Страна	Объем производства, млн.т	Урожайность, ц/га	Население, млн.ч
1	Китай	22,35	217	1357
2	Индия	19,3	158	1252
3	ЕС	5,7	330	502,6
4	США	3,16	544	318,9
5	Иран	2,38	339	77,5
6	Россия	1,98	231	143,5
7	Турция	1,9	298	74,93
8	Египет	1,9	359	82,06
9	Пакистан	1,66	131	182,1
10	Бразилия	1,54	268	200,4
11	Алжир	1,34	276	39,2
12	Нигерия	1,34	69	173,6
13	Мексика	1,27	295	122,3
14	Бангладеш	1,17	86	156,6
15	Япония	1,07	424	127,3
16	Узбекистан	1,07	353	30,24
17	Украина	1,01	173	45,5

Крупными экспортерами лука являются Китай и Индия, а также Иран, Египет, Турция. ЕС. США в 2018 г. импортировало около 400 тыс. тонн лука, в основном из Южной Америки, но при этом экспорт составил более 300 тыс. тонн в страны Азии и Северной Америки [15], [195].

Россия в настоящий момент не обеспечивает внутренние потребности в луке, поэтому закупает порядка 350 тыс. тонн в год. Опережают Россию по объему закупок лука Индонезия, Малайзия, США, Япония, Бангладеш, ЕС, Бразилия и Вьетнам. Экспорт репчатого лука из России в 2017-2019 гг. был незначительным (таблица 1.2) [15], [194], [196].

Таблица 1.2 – Структура производства и потребления лука репчатого с 2005 по 2019 г. (По данным Росстата)

Показатель	2005	2017	2018	2019
Валовой сбор лука репчатого, тыс.т	1231	1794	1642	1670
- сельскохозяйственные организации	210	527	459	424
- крестьянско-фермерские хозяйства	91	578	621	562
- хозяйства населения	930	1018	1001	999
Импорт лука репчатого, тыс.т	520	315	280	406
Экспорт лука репчатого, тыс.т	23	86	89	65
Рекомендуемая норма потребления лука репчатого на человека в год, кг	10-12	10-12	10-12	10-12
Фактическое потребление лука репчатого на человека в год, кг	10	13,3	12,9	12,2

В настоящее время в России для производства лука используют две технологии возделывания - из семян в двухлетнем цикле и из севка в трехлетнем цикле.

В трехлетнем цикле производства - в первый год из маточников получают семена-чернушку; во второй год из загущенных посевов семенами-чернушкой получают севок, в третий год из севка получают репчатый лук. В двухлетнем цикле репчатый лук получают из семян-чернушки, минуя выращивание севка. Существует также рассадная технология возделывания репчатого лука, но она не получила широкого применения в России [179], [148].

Кроме того, наряду с широко распространенной яровой посадкой лука, существует также озимая посадка, причем из семян-чернушки и севка. По сведениям ряда ученых в южном федеральном округе озимая технология возделывания лука из севка имеет рентабельность выше 100 %. [15], [31].

Для оценки народнохозяйственного значения каждой из описанных выше технологий рассмотрим структуру производства и потребления репчатого лука в России. Из таблицы 1.2 видно, что наибольший объем лука репчатого (до 50 %) производится в личных хозяйствах из севка, при этом механизация процессов возделывания и уборки лука в них полностью отсутствует. Это связано с тем, что производство в личных хозяйствах направлено на удовлетворение собственных потребностей, а площадь посевов лука составляет от 1 до 40 соток и приобретение дорогостоящей техники при этом нецелесообразно [179], [196], [200]. Также видно, что значительно вырос валовой сбор лука по сравнению с 2005 г. и достиг своего максимума в 2011 г. до 1927 тыс. тонн, после чего произошло небольшое снижение, которое все же осталось на высоком уровне около 1800 тыс. тонн. Значительно снизилась доля импорта лука в процентном выражении с 30% в 2005 г. до 12-15% в 2016-2018-ых гг. Однако в абсолютных цифрах, снижение импорта в сравнении с ростом валового сбора оказалось не столь велико. Так, если рост валового сбора в 2016 году к 2005 году составил 880 тыс. тонн, то импорт снизился за эти годы всего на 205 тыс. тонн. В 2017-18 году импорт снизился, как и общий объем производства, а по данным за 2019 год он снова поднялся до 406 тыс. тонн [15], [196], [200].

Возникает вопрос – почему при росте валового сбора лука на величину, превосходящую количество импортируемого лука, снижение импорта было столь незначительно?

Рассмотрение структуры производства лука в России показывает, что весь объем потребляемого лука обеспечивается собственным производством и импортом. Как уже говорилось ранее, производство лука в России

осуществляется по двум технологиям: из семян и из севка, кроме этого посадка лука может быть яровой и озимой [15].

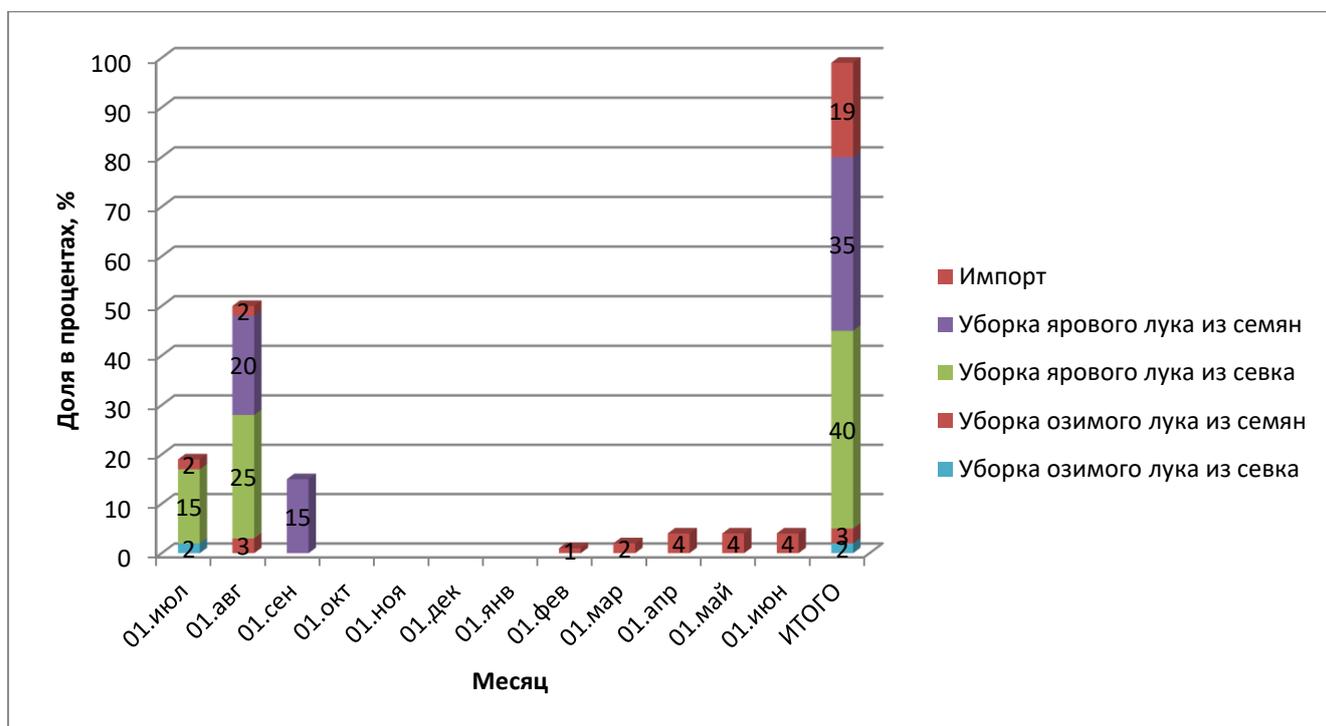


Рисунок 1.1 – Структура производства и импорта репчатого лука в РФ

На рисунке 1.1 показано, в какой месяц производят сбор урожая лука, возделываемого по разным технологиям, а также когда и сколько импортируется лука (в % от общего объема). В свою очередь, рисунок 1.2 демонстрирует распределение потребления (реализации) лука, произведенного по различным технологиям по месяцам, с учетом технологии по которой был произведен лук или же был импортирован (в % от общего объема).

Анализируя рисунки 1.1 и 1.2, видим, что наибольший объем производимого лука получается из севка, а именно 40 % от валового сбора и импорта, однако на реализацию такого лука поступает не более 5 %, поскольку он в основном произведен в личных хозяйствах для собственного потребления. Производство лука из семян в сельскохозяйственных организациях (СХО) и крестьянско-фермерских хозяйствах (КФХ) в полном объеме поступает в продажу. Именно производство лука из семян в СХО и КФХ обеспечило рост валового сбора в последние годы более чем на 800 тыс. тонн [15].

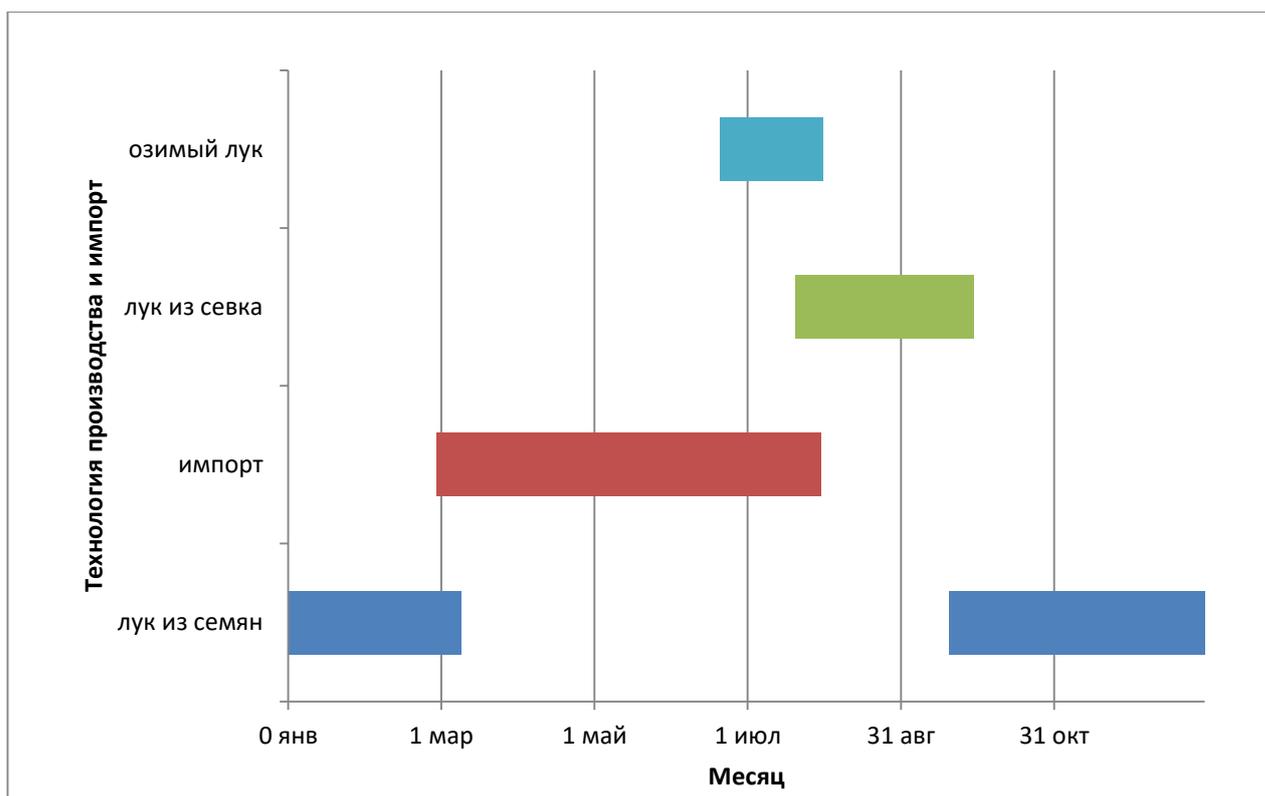


Рисунок 1.2 – Диаграмма потребления репчатого лука в течении года

Однако недостатками технологии выращивания лука из семян являются поздние сроки уборки и необходимость длительной сушки лука в отличие от лука из севка. Лук, выращенный из семян готов к продаже в конце сентября, а хранить его можно до апреля. Следовательно, потребление лука с апреля по август такая технология обеспечить не может и рост объемов внутреннего потребления лука за счет данной технологии невозможен, как и замена импорта лука в период с апреля по август. Обеспечить внутренний спрос и заменить импорт в этот период можно за счет увеличения объемов лука, выращенного из севка и озимого лука [15], [154]. При этом следует заметить, что рост производства лука в однолетней культуре возможен, если он будет ориентирован на экспорт продукции или переработку.

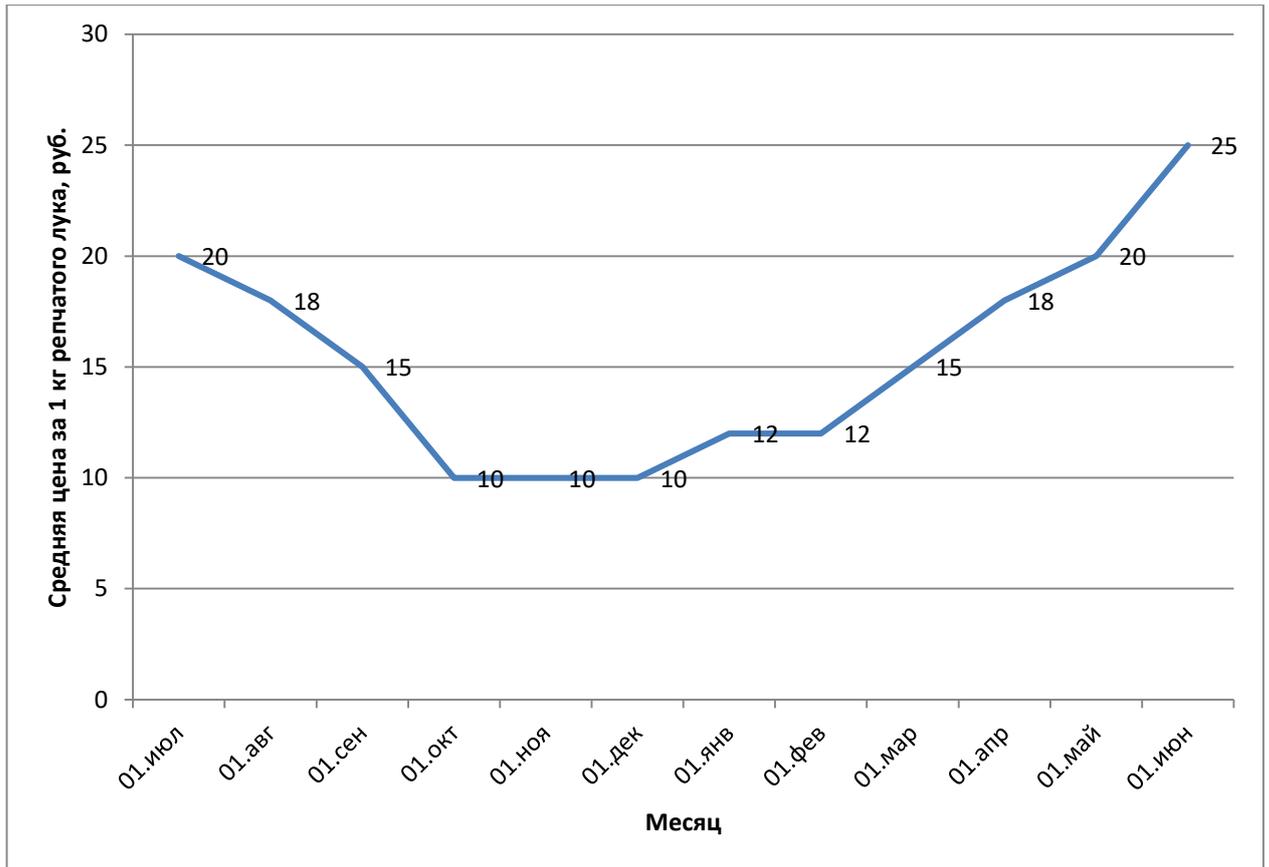


Рисунок 1.3 – Динамика изменения цены на лук по месяцам

Преимущество выращивания лука из севка - более ранние сроки уборки (с конца июля до середины августа), кроме того, такой лук лучше хранится и лежит до мая. Начало уборки озимого лука приходится на еще более ранний срок - на конец июня, к тому же в этот период он может быть отправлен на реализацию без дополнительной доработки прямо с поля, а цена на лук в это время имеет наибольшее значение, что видно из рисунка 1.3 [15], [31], [148], [154]. Можно заключить, что снижение импорта репчатого лука можно обеспечить применением технологии возделывания лука из севка в СХО и КФХ.

Основным сдерживающим фактором развития технологии возделывания из севка является низкий технический уровень машин для его возделывания. Основным отличием технологии возделывания из севка от возделывания из семян являются операции по предпосадочной подготовке посадочного материала и сама посадка севка. В настоящий момент, машин для выполнения

этих операций в России не производится, а существующие зарубежные аналоги не в полной мере отвечают агротехническим требованиям [3], [5], [6], [9], [69].

Причина, по которой посадочные и калибровочные машины не соответствуют агротребованиям, состоит в том, что предлагаемые конструкции рабочих органов, как правило, устойчиво работают только при постоянных форме и размерах луковиц, то есть являются не адаптивными к изменению геометрических параметров луковиц в процессе работы. Однако, в настоящий момент существует широкое разнообразие сортов и гибридов лука, которые сильно отличаются по форме и размерам, а следовательно, разрабатываемые рабочие органы машин для посадки и калибрования луковиц должны быть адаптивными к изменяющейся форме и размерам луковиц [16], [55], [65], [110]. Под адаптацией в данном случае понимается возможность технических средств подстраиваться к внутренним изменениям и факторам окружающей среды, что повышает эффективность их функционирования [157].

1.2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛУКОВЫХ КУЛЬТУР

Технологии выращивания лука-севка, лука-репки и семян лука представлены на рисунке 1.4. На этом рисунке показана последовательность операций и взаимная связь различных технологий. Посевы лука лучшего всего размещать на супесчаных и легкосуглинистых почвах с нейтральной реакцией почвы (рН 6,0-7,0). Лучшими предшественниками лука являются озимая пшеница, многолетние травы, ранняя капуста, томаты, картофель, огурцы или кабачки [24], [148], [185]. В качестве основной обработки почвы проводят вспашку почвы осенью на глубину до 30 см. Система основной обработки зависит от срока уборки предшествующей культуры и засоренности поля [24], [148], [154].

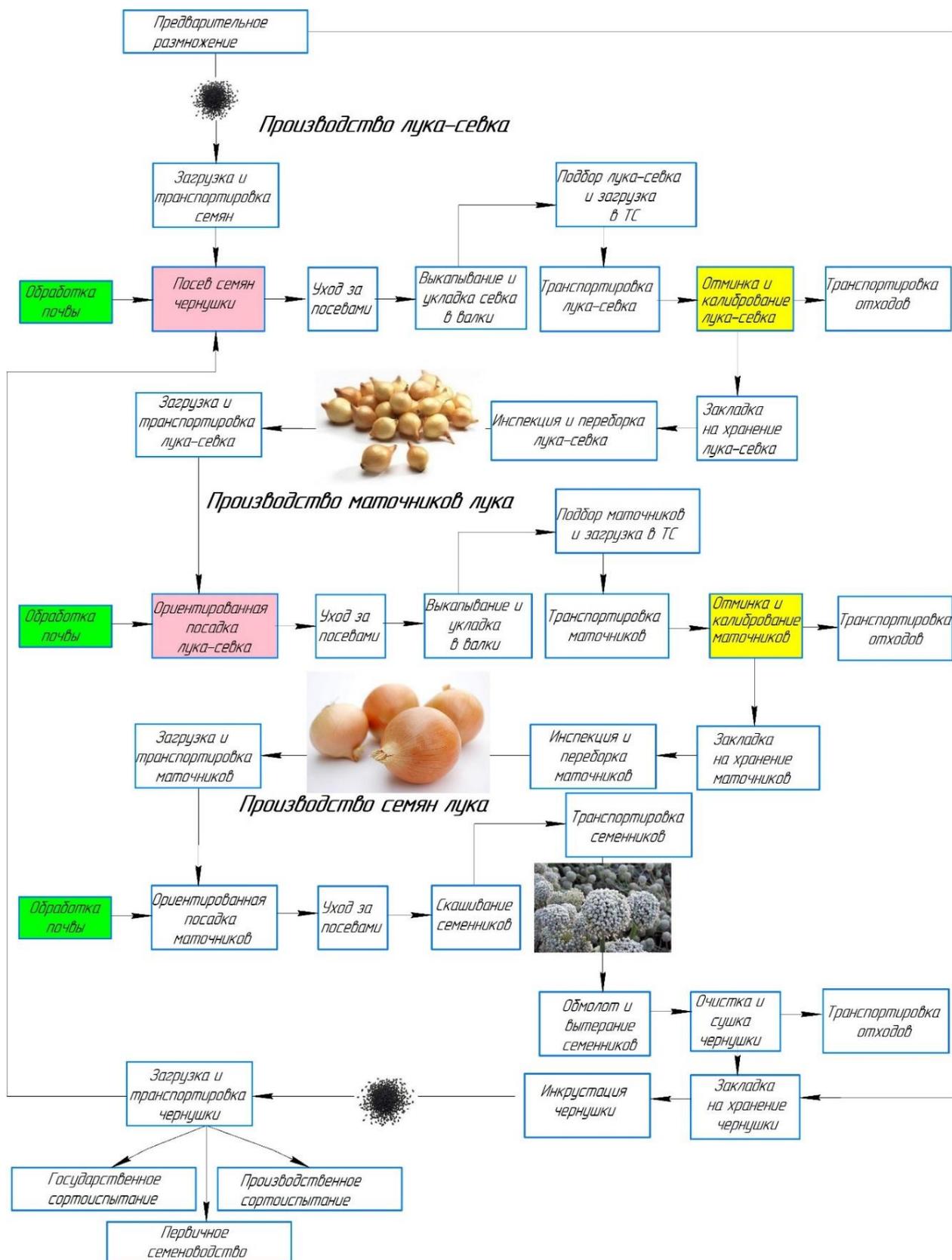


Рисунок 1.4 – Технологическая схема производства лука-севка, репчатого лука и семян

Для предпосевной обработки почвы на глубину до 12 см применяют фрезерные культиваторы горизонтального и вертикального типа, а также сплошные культиваторы со стрелчатými лапами и, в качестве дополнительной обработки, катки с различной поверхностью. Выбор типа культиватора и кратность обработок зависят от типа почвы и её физических характеристик, таких как влажность и твердость [148], [154].

Посев и посадку луковых культур проводят при прогреве почвы до 8-10 градусов на глубине посадки. На операции посева семян лука на репку используют овощные посевные машины точного высева с пневматическими высевающими аппаратами, при этом норма высева составляет 5-7 кг/га. Глубина посева при этом (в зависимости от влажности, температуры и типа почвы) доходят до 5 см. На посеве семян на лук-севок используют посевные машины для ленточного посева с катушечными высевающими аппаратами и шириной ленты у них до 8 см., при этом норма высева доходит до 80 кг/га [24], [122], [148], [154], [194].

Посадка лука-севка (в зависимости от фракции посадочного материала и влажности почвы) на глубину до 7 см и нормой высева до 2000 кг/га. На этой операции наибольшее распространение получили применение ленточных, вибрационно-пневматических и ложечных высаживающих аппаратов [6], [66].

На посадке маточников лука в семеноводстве применяют посадочные машины с ложечными и ленточными высаживающими аппаратами, оснащенных ориентирующими устройствами различного типа, при этом глубина посадки составляет 10-12 см, при норме посадки до 10 т/га [57], [111].

Для качественного выполнения посадки лука-севка и маточников лука необходимо провести калибрование посадочного материала по фракциям: для лука-севка на 3 фракции, для маточного лука выделить фракцию 45-60 мм (в зависимости от сорта). На этой операции применяют вибрационные решетчатые, роликовые и барабанные калибровочные машины, имеющие различную точность работы [103], [147].

При внесении удобрений под репчатый лук следует учитывать такие биологические особенности, как слабое развитие его корневой системы и ее неглубокое расположение в пахотном слое, а также чувствительность к высокой концентрации почвенного раствора. Также, лук чувствителен к концентрации почвенного раствора и к кислотности почвы [24], [154].

При внесении органического удобрения непосредственно под лук, он набирает мощную зеленую массу, образование луковиц запаздывает, что отрицательно сказывается на урожайности [24], [154].

Внесение минеральных удобрений проводят ранней весной перед культивацией почвы (рисунок 1.5) с учетом планируемого урожая, а также в виде подкормок в период вегетации. Для внесения средств защиты растений используют штанговые опрыскиватели с форсунками различной формы [103], [122].

Применяемые для возделывания машины, оборудование и их основные характеристики приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Варианты машин и оборудования для выполнения основных операций по возделыванию луковых культур

Технологическая операция по возделыванию	Технические средства	Основные параметры технического средства	Удельные энергозатраты, кВт/т (кг/га)	Производительность, га(т)/ч
1	2	3	4	5
1. Основная обработка почвы	ПЛН-8-35	Рабочая скорость – 8,26 км/ч	22,03	1,84
	Оборотный плуг ППО-8-35	Рабочая скорость – 8,72 км/ч. Глубина вспашки-23,4 см	21,74	1,93

продолжение таблицы 1.3

	2	3	4	5
2.Предпосевная обработка почвы	культиватор вертикально-фрезерный	Рабочая скорость – 3,52 км/ч/ Глубина обработки – 15,4 см.	13,39	1,2
	культиватор со стрельчатыми лапами КПС-4	Рабочая скорость – 4,72 км/ч/ Глубина обработки – 13,2 см.	10,52	1,7
	горизонтально-фрезерный	Рабочая скорость – 4,08 км/ч/ Глубина обработки – 13,2 см.	12,26	1,4
3. Калибрование посадочного материала	роликовая калибровальная машина КМ	Расстояние между роликами 8-90 мм	1,5	6
	решетная КМ	Форма ячеек – квадратная Размер ячеек 40, 60 мм	2,8	5
	барабанная КМ	Форма ячеек – круглая Размер ячеек 42, 62 мм.	1,2	2
4. Посадка	посадочная машина WIFO 1,5 м	Рабочая скорость - 6 км/ч Скорость движения ленты – 1,5 м/с Длина семяпровода – 1 м Тип сошника - дисковый	4,13	1,2

продолжение таблицы 1.3

1	2	3	4	5
	ПМ с вибрационно- пневматическим ВА 1,5 м	Скорость посадки 5,4 км/ч Высота падения луковиц - 0,15 м Тип сошника - полозовидный	4,48	0,9
	ПМ с ложечным ВА 1,5 м.	Скорость посадки 4 км/ч Высота падения луковиц - 0,15 м; Тип сошника полозовидный	4,10	1,25
5. Внесение СЗР	Навесной опрыскиватель, 24 м	Скорость движения 9 км/ч	7,24	2,1
6. Орошение:	- капельное; Осадки более 700 мм Осадки 500-700 мм Осадки менее 500 мм	Расход воды на 1 га – 40 куб. м.	4,7	2
	- дождевального типа. Осадки более 700 мм Осадки 500-700 мм Осадки менее 500 мм	Расход воды на 1 га 60 куб. м.	4,4	1,35
7. Внесение удобрений	Сплошное разбросное 12 м	Скорость движения – 9 км/ч	7,24	2,1



Рисунок 1.5 – Разбрасывание минеральных удобрений распределителем ZG-B фирмы Amazone

Потребность репчатого лука в основных питательных элементах изменяется в ходе вегетации. По данным Алиева Л.А., в первый период своего роста и развития (в течение 30 дней после появления всходов), лук усваивает из общего количества питательных веществ 4% азота, 3% фосфора и 3% калия; во второй период (фаза образования луковицы) соответственно – 43%, 40% и 41% и в фазу технического созревания процентное соотношение будет соответствовать 54%, 57% и 56% [122], [173]. Учитывая разность погодных условий и типов почв различных регионов, невозможно давать однозначные рекомендации по изменению требуемых доз основных элементов питания [173].

При разработке и формировании технологий возделывания лука особое внимание уделяется операциям посева и посадки семян и луковиц, а также предшествующим им операциям по предпосевной обработке почвы и калиброванию луковиц по фракциям, качество выполнения которых определяется применяемыми при этом типами технических средств [18], [122], [154], [189].

1.3. АНАЛИЗ МАШИННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЛУКОВЫХ КУЛЬТУР

Формирование машинных технологий производства является сложной и комплексной задачей требующая учета множества факторов и условий, а также большого многообразия машин и оборудования для производства сельскохозяйственных культур

В настоящее время в России разработки по этой проблеме ведут учёные В.В. Альт, А.Ю. Измайлов, В.Д. Попов, А.М. Вальге, И.Г. Смирнов, Д.О. Хорт и.т.д. В работах этих авторов описано проектирование машинных технологий производства сельскохозяйственных культур в реляционных базах данных Access [25], [26], [30], [35], [36], [92]-[97], [150]-[153], [168], [174], [186], [187].

А.М. Вальге и О.М. Белов (2014 г.) разработали программу для расчета технологических карт возделывания капусты белокочанной в условиях Северо-запада РФ [Свидетельство о регистрации № 19730]. В этой программе можно спроектировать технологию возделывания капусты для любой площади и различных условий почвенных и климатических зон [30].

Интерфейс этой программы представлен на рисунке 1.6. Для работы в программе необходимо последовательно ввести данные «о ценах на расходные материалы; технико-экономические показатели применяемых машин; далее вводятся условия производства, к которым относится вид технологий; тип почвы; семенной материал и.т.д. Далее для формирования технологии необходимо выбрать технологические операции. После этого, программа предлагает различные варианты машин и оборудования для выполнения технологического процесса и их эксплуатационные и экономические показатели. После этого можно провести сравнение выбранных вариантов и принять решение об оптимальном составе технических средств по минимизации энерго- и трудозатрат» [30].

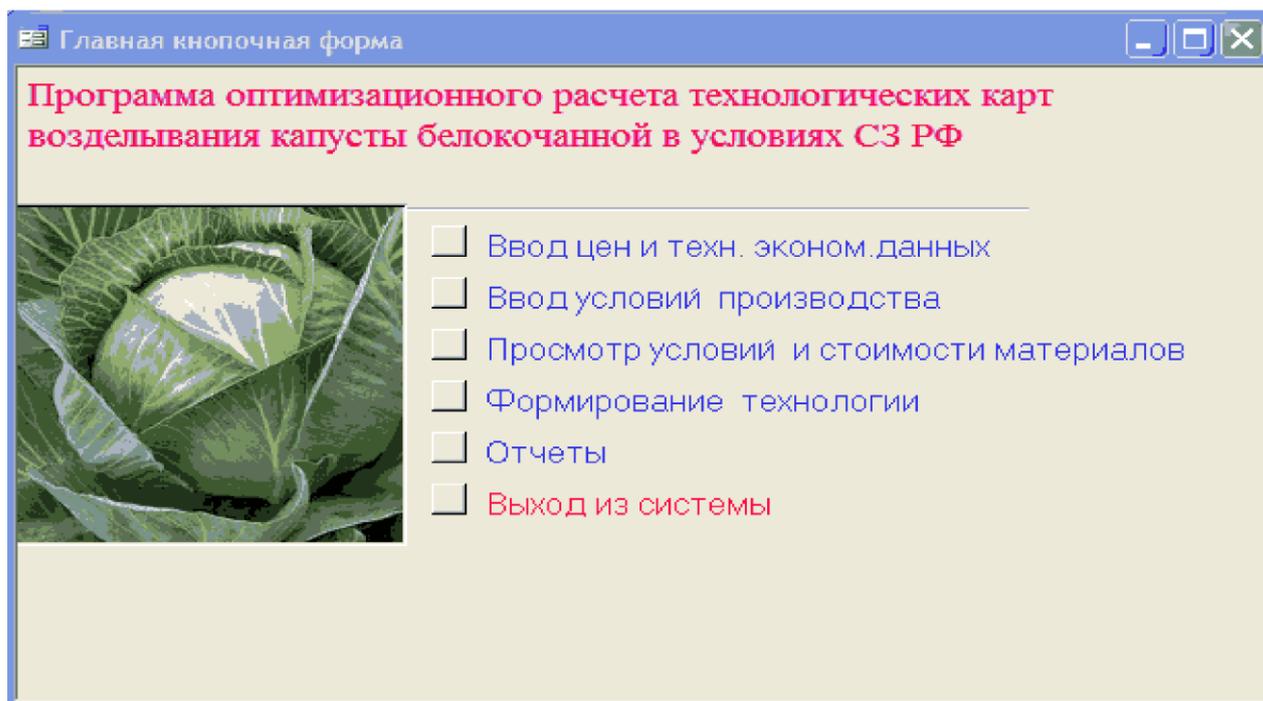


Рисунок 1.6 – Главное окно программы оптимизационного расчета технологических карт возделывания капусты белокочанной в условиях Северо-запада РФ [30]

Аналогичным образом работает программа АРМ «Технолога-ягодоведа» разработанная в ФГБНУ «ВСТИСП» интерфейс программы представлен на рисунке 1.7 [26], [168], [174].

В ФГБНУ «СФНЦА РАН» разработана программа «АГРОТЕХ» по подбору техники (рисунок 1.8). Программа осуществляет подбор техники на основе анализа информации по трем параметрам: по количеству дней, необходимых для работы; по расходу ГСМ; и экономическим затратам, включая амортизацию, стоимость ГСМ, фонд заработной платы. Для автоматического подбора техники необходимо задать: тип поля, операции, количество дней, площадь поля, критерий оценки подбора и количество часов в смену. Результаты автоматического подбора представляют собой набор вариантов, с указанием наиболее предпочтительного по минимальному сроку и расходу ГСМ. Для создания и редактирования баз данных используется специальный редактор, в котором можно выбрать редактируемую базу, создать новую базу или удалить любую из баз данных [25].

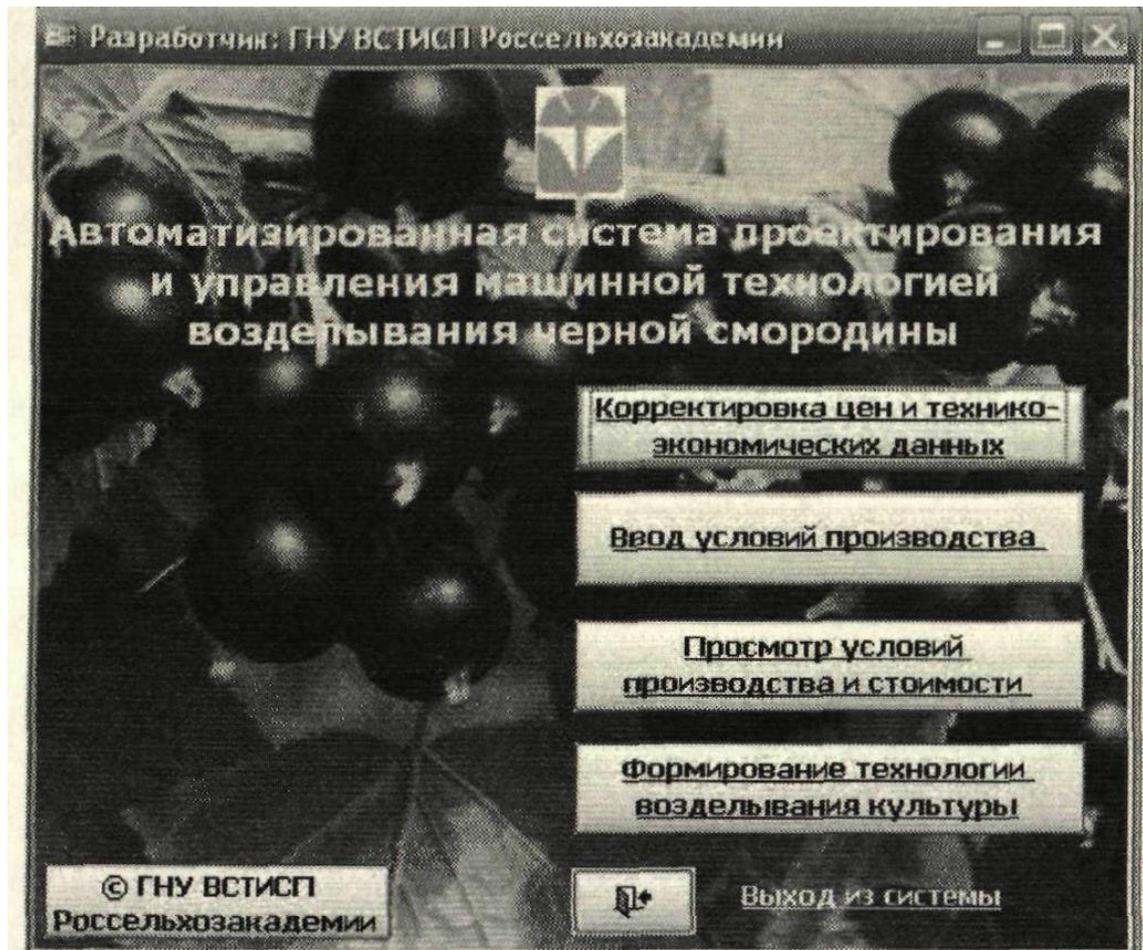


Рисунок 1.7 – Главная кнопочная форма АРМ «Технолога-ягодовода»



Рисунок 1.8 – Основное окно программы АГРОТЕХ

Подобные программы помогают оператору в принятии решения о выборе технологии производства сельскохозяйственных культур в зависимости от условий производства, к которым относятся вид технологий; тип почвы; семенной материал и т.д. Это приводит к снижению ошибок в принятии решения, за счет учета предыдущего опыта применения сельскохозяйственных машин. Однако процесс сельскохозяйственного производства является стохастическим. Поэтому недостатком данных программных продуктов является необходимость для оператора самостоятельно принимать решение по выбору технических средств на каждой операции и отсутствие информации в базе данных о влиянии выбора машин на конечную урожайность и другие экономические показатели. Кроме того, в настоящий момент отсутствуют подобные базы данных для технологий производства луковых культур и обобщенные сведения для их проектирования. В связи с этим разработка программы для формирования машинных технологий возделывания луковых культур является актуальной и практически значимой задачей [1], [89], [92]-[97].

Анализ технических средств для предпосевной обработки почвы под луковые культуры

Технологические процессы предпосевной обработки почвы в основном сводятся к ее рыхлению, крошению, выравниванию и другим процессам с соответствующими технологическими параметрами и требованиями к качеству их выполнения. При этом используют почвообрабатывающие машины различных конструкций и назначения с активными, пассивными и комбинированными рабочими органами в соответствии с классификацией (рисунок 1.9). Широкое распространение получают машины с комбинированными рабочими органами [90], [103], [104], [122], [182].

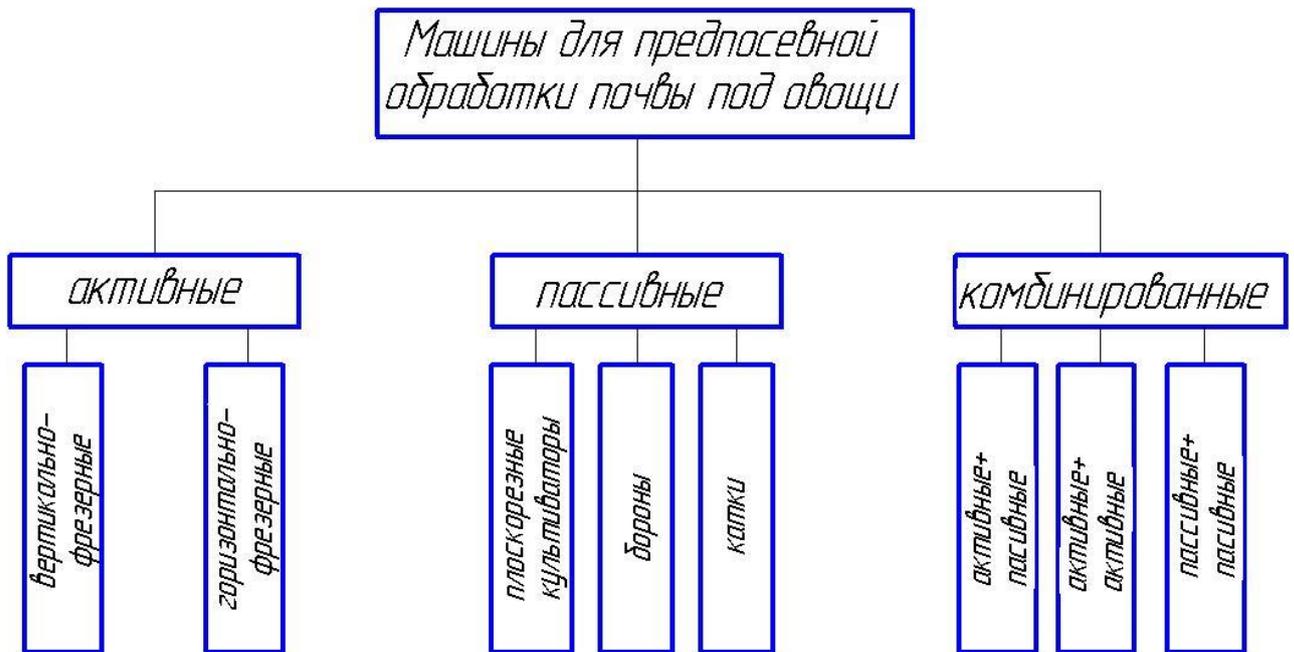


Рисунок 1.9 – Классификация машин для предпосевной обработки почвы под луковые культуры

Качество выполнение технологического процесса почвообрабатывающих машин оценивают по следующим показателям [45]:

- отклонение от заданной глубины обработки, %;
- крошение почвы, оцениваемое коэффициентом структурности;
- гребнистость поверхности, мм;
- подрезание сорных растений, %;
- изменение содержания эрозионно-опасных частиц, %.

К машинам с *активными рабочими* органами относятся фрезерные культиваторы, которые оснащаются вертикальными или горизонтальными фрезами. Эти машины имеют высокие качественные показатели работы, за исключением изменения содержания эрозионно-опасных частиц, особенно на легких почвах. Повышение этого показателя на обработанных участках приводит к его переувлажнению и ухудшению воздушного и водного баланса растений [103], [122].

Вертикально-фрезерные (рисунок 1.10) и горизонтально фрезерные культиваторы на российском рынке представлены такими производителями как Kuhn, Celli, Amazone и другие. Между собой они отличаются конструкцией

зубьев фрезы и их количеством. Подобные машины отечественного производства в настоящий момент отсутствуют. [103], [104].

По результатам ряда исследований видно, что вертикальные фрезы превосходят горизонтальные по качеству крошения почвы в среднем на 5-7 % и по отклонению от заданной глубины на 10-12 %. При этом удельные энергозатраты вертикальных фрез выше, чем горизонтальных [39], [180].



Рисунок 1.10 – Вертикально-фрезерный культиватор в агрегате с трактором John Deere

Комбинируют фрезерные культиваторы с трубчатыми, зубчатыми и другими катками. Вопрос по вариантам такого комбинирования, в зависимости от почвенных условий производителями данных машин, в литературных источниках не освещен и оставлен на усмотрение хозяйствующих субъектов. В результате это приводит к нерациональному комплектованию агрегатов, что приводит к снижению качества и росту затрат предпосевной обработки почвы.

К машинам с пассивными рабочими органами относятся плоскорезные культиваторы, бороны и катки. Данные машины отличаются простотой

конструкций, высокой производительностью и низкой энергоемкостью работ. Однако качественные показатели крошения, гребнистости и равномерности глубины обработки значительно уступают фрезерным культиваторам в среднем на 30-40 %. В результате этого ухудшается качество посева и посадки, что приводит к снижению урожайности и товарности полученной продукции. В связи с этим данные машины применяют на предпосадочной подготовке почвы под овощные культуры, как правило, в комбинации с активными рабочими органами [39].

Анализ технических средств для посева семян лука

При возделывании лука-севка наибольшую эффективность имеет технология ленточного посева семян лука машинами, оснащенными сошниками для разбросного посева [109], [149], [179]. Первые такие устройства для посева зерновых культур известны с середины прошлого века. Разработкой и научным обоснованием таких устройств занимались В.К. Васильев, Ф.В. Грищенко, П.А. Емельянов, М.К. Малев, Л.Л. Новицкий, И.П. Радугин, И.И. Сохацкий, Т.М. Белодедова, Н.П. Крючин, С.А. Ивженко, Н.П. Ларюшин, К.З. Кухмазов, А.В. Мачнев [54], [62], [107], [109], [117], [127], [149], [180], [193].

Наибольшее влияние на равномерность посева в таких машинах оказывает конструкция распределителя семян, которые бывают пассивные и активные. В пассивных сошниках в качестве основного элемента конструкции используют распределители в виде отражательной поверхности с криволинейной формой, которая располагается в подлаповом пространстве [109], [115], [149]. Распределители второй группы в подлаповом пространстве имеют устройства совершающие вращательные или колебательные движения.

Исследования сошников с активными распределителями показали, что, не имея качественного улучшения работы, они значительно усложняют конструкцию посевных машин, за счет необходимости применять дополнительные механизмы привода, снижающие надежность машин. В связи с

этим наибольшее распространение получили распределители пассивного типа [109], [115], [149].

В работах Н.П. Ларюшина, А.В. Поликанова и К.З. Кухмазова эмпирически обоснована конструкция семяраспределителя, выполненного в виде установленных друг за другом двухскатных лотков. При оценке равномерности посева получен коэффициент вариации больше 70 %; что не соответствует агротребованиям на посев семян лука [109], [149]. Также, авторы в своей работе не приводят данных о методе проектирования поверхности данного семяраспределителя.

В конструкциях сошников зарубежных фирм наибольшее распространение получили распределители-отражатели сферической формы, имеющие аналоги и в России (рисунок 1.11) недостатком работы которых является отражение семян по всем направлениям подлапового пространства, что приводит к уплотненному посеву в центре полосы и разреженному посеву на периферии [179].

При работе сошник движется в почве на необходимой глубине посева. Стрельчатая лапа 1 подрезает слой почвы, открывает борозду и создает ровное посевное ложе. Семена, подающиеся высевающим аппаратом сеялки, транспортируются через семяпровод 3 в полость отражателя семян 4, откуда, отражаясь от сферической поверхности последнего, через прямоугольное окно 8 увлекаются в подлаповое пространство радиально отражателю семян 4 [141].

Общим недостатком большинства распределителей-отражателей и у отечественных и у импортных производителей является то, что форма их криволинейной поверхности разрабатывается на основе экспериментального опыта и разработки математически не обоснованы, надо полагать по причине сложности изготовления. Но сейчас, с появлением технологий 3D печати появились возможности воспроизвести поверхности любой сложности, поэтому математическое обоснование кривизны поверхности отражателя становится актуальной задачей, которая требует решения.

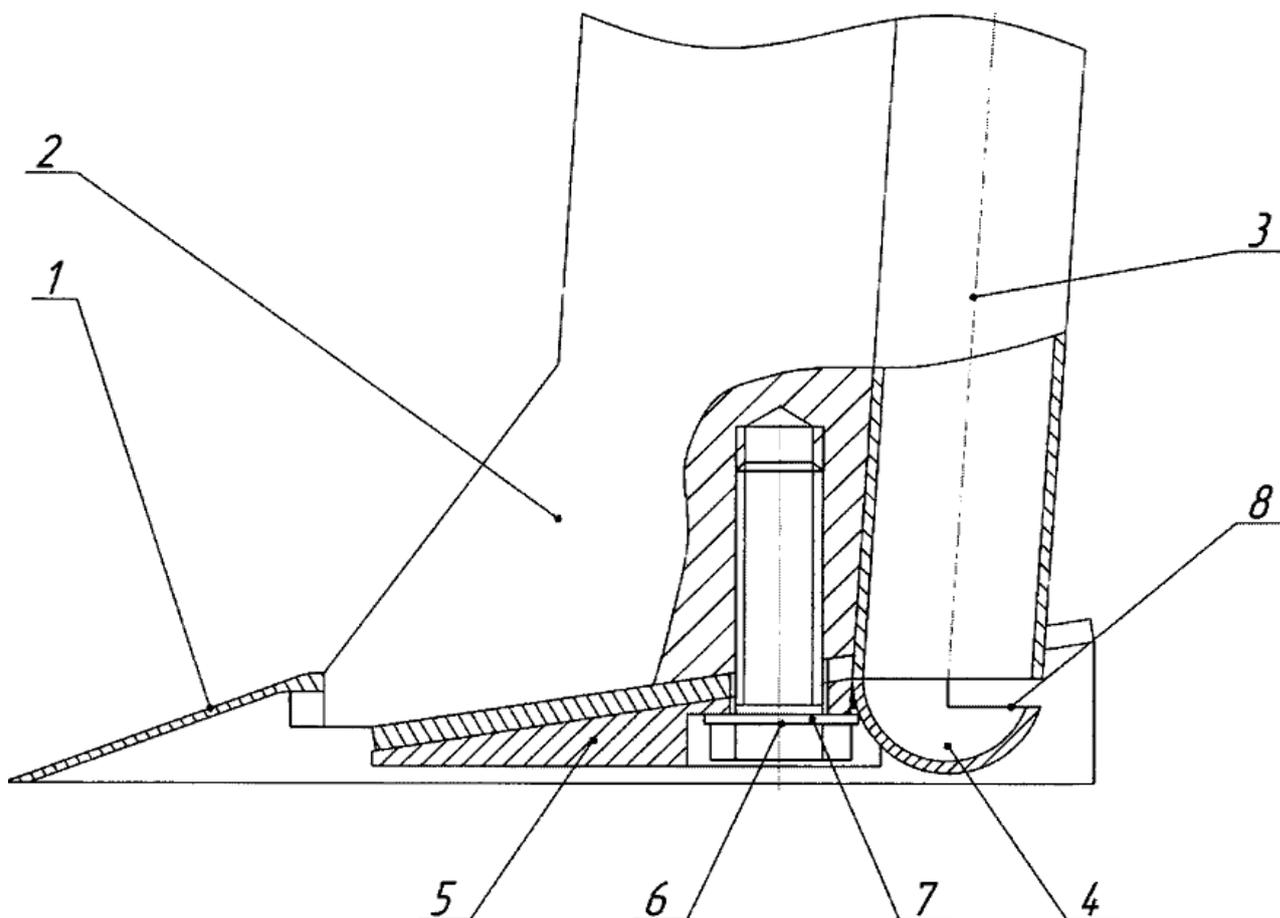


Рисунок 1.11 – Конструктивная схема сошника для ленточного посева со сферическим отражателем: 1 – лапа стрельчатая; 2 – стойка; 3 – семяпровод; 4 – отражатель; 5 – подлапник; 6 – болт; 7 – шайба; 8 – окно

Анализ технических средств для посадки луковиц

Среди всех машин для возделывания лука наибольшим разнообразием представлены машины для посадки луковиц. Это вызвано большим разнообразием луковиц по форме и широким размерным диапазоном посадочного материала, что сильно затрудняет разработку конструкции, удовлетворяющих всем агротехническим требованиям [16], [55], [65], [118], [132].

Следует отметить, что механизацией посадки лука-севка в разное время занимались такие ученые как: Б.М. Баранович, П.А. Емельянов, Ф.В. Кутейников, В.К. Кутеницын, О.Н. Кухарев, К.З. Кухмазов, Б.Н. Ким,

Н.П. Ларюшин, А.А. Писанов, В.А. Соколов, А.В. Сибирёв, А.В. Требин, П.А. Хегай и др. [28], [33], [57], [87], [88], [108], [111], [116], [126], [167], [171], [172], [184], [188]. Этими авторами были разработаны и обоснованы различные типы высаживающих аппаратов, созданы экспериментальные образцы машин для посадки лука-севка. Некоторые из этих аппаратов нашли применение в сельскохозяйственном производстве.

По принципу работы высаживающие аппараты различают: механические, пневмомеханические и комбинированные. Механические высаживающие аппараты точного высева бывают: катушечные, мотыльковые, ленточные, ложечные с вертикальным ячеистым диском и горизонтальным ячеистым диском, вильчатые и барабанные [99], [100], [101], [105]. Наиболее широкое применение в разные годы получили катушечные, вильчатые, ленточные, дисковые и барабанные высаживающие аппараты [66].

Катушечный высевающий аппарат для посадки лука-севка был применен В.Ф. Кутейниковым в 1935 г. (рисунок 1.12). На базе зерновой сеялки СД-4 была создана конная четырехрядная сажалка СЛС-4 с катушечным высаживающим аппаратом верхнего высева [105]. До середины 80-х годов ГСКБ завода «Красная звезда» (г. Кировоград) и ГСКБ (г. Ивантеевка) вели работы над сеялками с катушечным высевающим аппаратом, их прототипом являлся аппарат Ф.В. Кутейникова. Результатом этой работы стали сеялки СЛН-6, СЛГШ-8, СЛС-8, СЛН-8, СЛН-8А и СЛН-8Б, которые выпускались в различные годы [6].

Достоинством этих сажалок является простота конструкции и удобство в эксплуатации. К недостаткам следует отнести большую неравномерность распределения посадочного материала вдоль рядка (равномерность редко превышает 40 % и не соответствует агротехническим требованиям), луковицы при посадке не ориентируются донцем вниз, что обусловлено работой катушечного высаживающего аппарата, образованием сводов в бункере и значительной высотой падения севка [6], [13], [99], [105], [155].

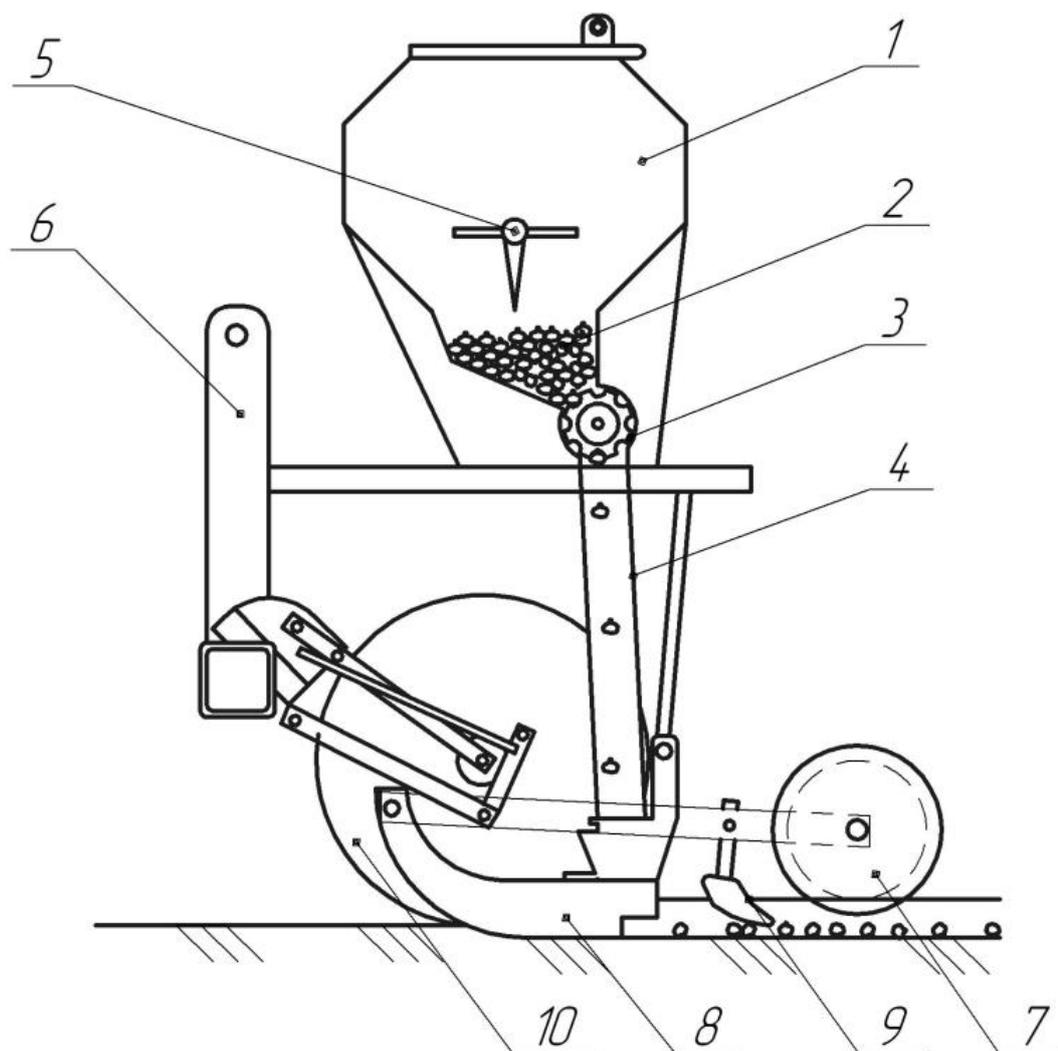


Рисунок 1.12 – Технологическая схема луковой сеялки СЛН-8А: 1 – бункер; 2 – лук; 3 – высеваяющий аппарат; 4 – семяпровод; 5 – ворошилка; 6 – рама; 7 – прикатывающий каток; 8 – сошник; 9 – загортачи; 10 – опорно-приводное колесо

На посадочных машинах голландского производства WIFO (рисунок 1.13) и белорусских модулях МПЛС-4 (ПООО Техмаш, г. Лида) установлен ленточный высаживающий аппарат [6], [37], [193]. Конструкция ленточного высаживающего аппарата (рисунок 1.14) не позволяет проводить ориентированную посадку лука-севка, так как происходит массовая подача луковиц в борозду без предварительного перевода в положение донцем вниз. Равномерность распределения луковиц вдоль ряда составляет 60 %, что также

не соответствует агротехническим требованиям. Причиной этого является значительная высота падения луковиц в борозду [6], [66].



Рисунок 1.13 – Общий вид посадочной машины нидерландского производства WIFO

Для устранения данного недостатка в конце ленты устанавливают щеточные рабочие органы, которые вращаются навстречу движущимся луковицам разворачивая их в наиболее благоприятное положение для подачи в борозду, а именно донцем вперед.

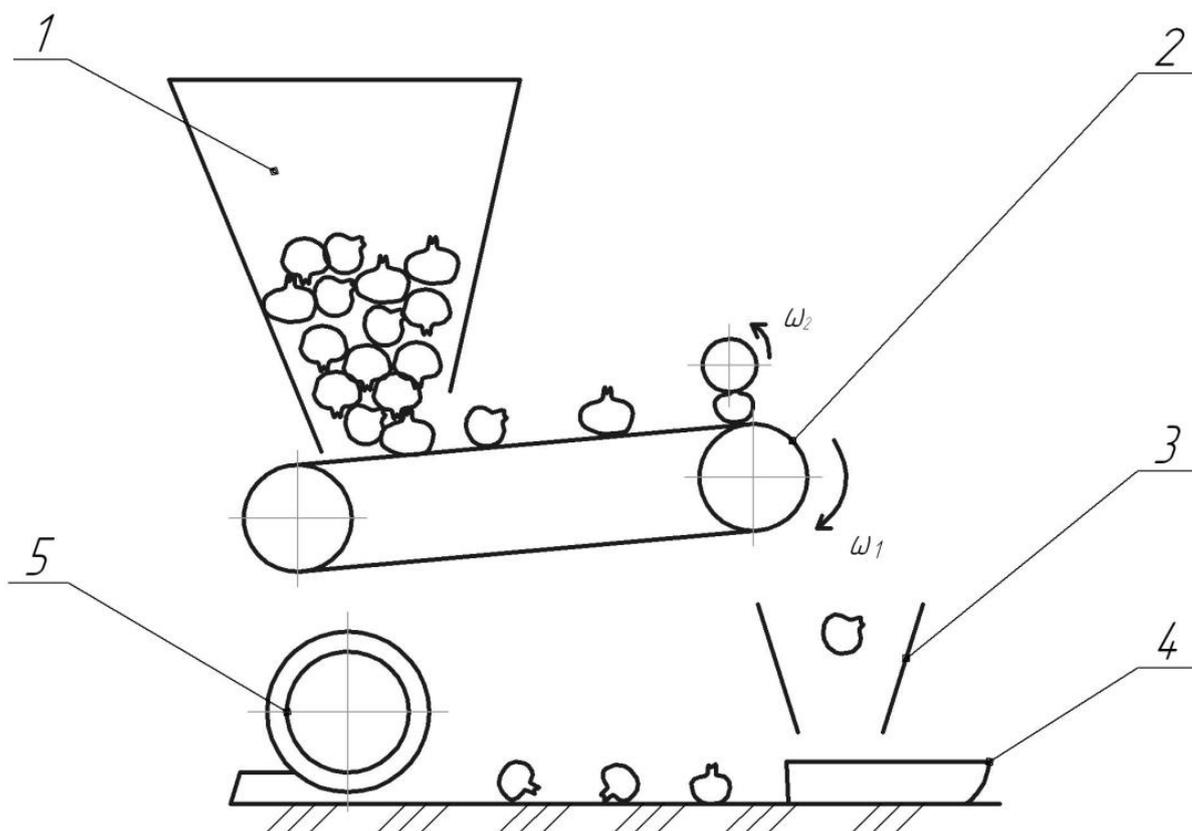


Рисунок 1.14 – Технологическая схема посадочной машины WIFO: 1 – бункер; 2 – высаживающий аппарат; 3 – семяпровод; 4 – сошник; 5 – заделывающий диск

Ячеисто-ленточный высаживающий аппарат для лука-севка был разработан в Пензенском СХИ Б.Н. Требиным (рисунок 1.15) [171]. Аппарат представляет собой ленту 3, с укрепленными на ней деревянными брусками с углублениями, образующими ячейки 4, которые огибают два шкива 7. Лента устанавливается наклонно в бункер 2 под углом 40° к горизонту. Длина активной поверхности ленты 3 составляет 800 мм, размер ячейки 4 рассчитан на захват луковиц диаметром от 10 до 25 мм, а шаг ячеек на ленте равен 35 мм. Полевые испытания, проведенные Б.Н. Требиным на экспериментальной сеялке ПЛС-6×2, показали, что равномерность высева составляет около 50 %. Это объясняется значительной высотой падения луковиц из аппарата, которая составила более 1 м. Кроме того, скорость движения сажалки не превышала 3

км/ч, а сам ячеисто-ленточный аппарат очень чувствителен к изменению угла наклона [6], [115].

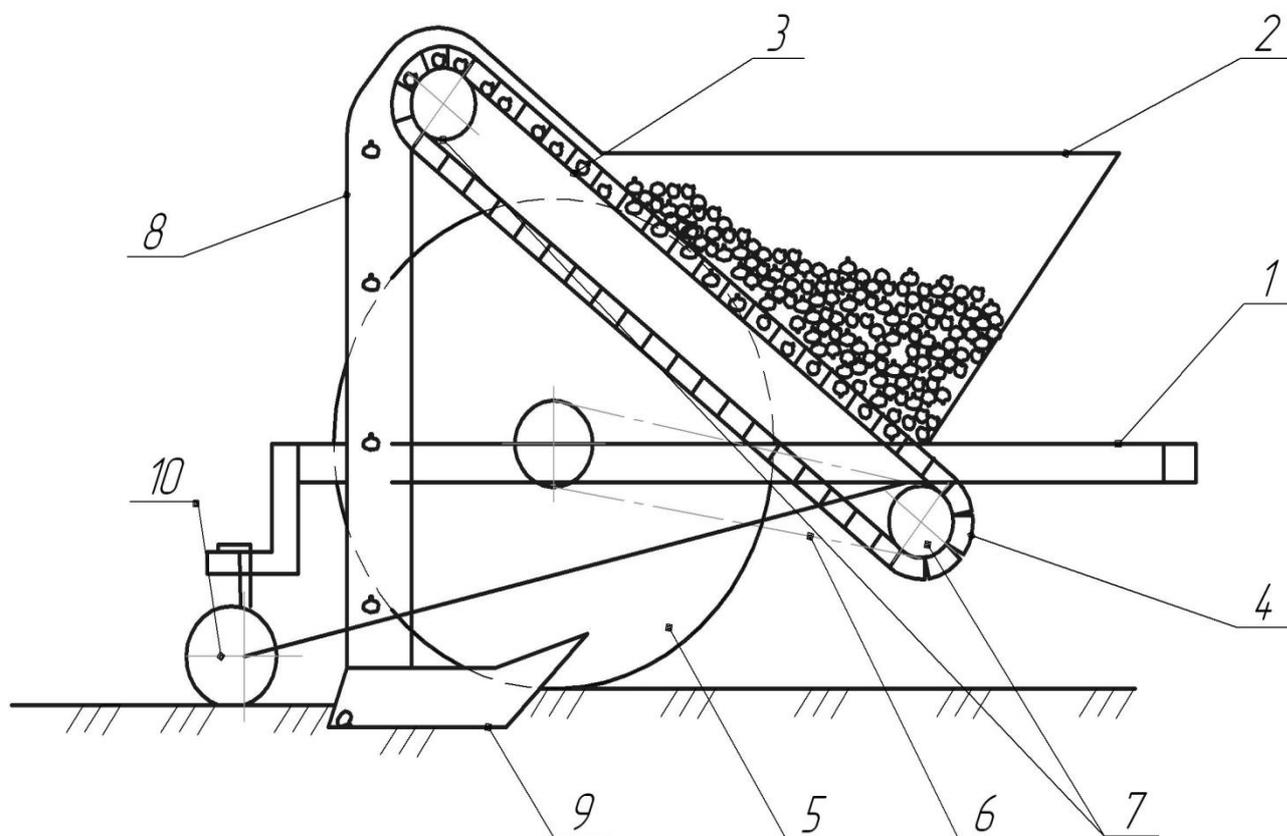


Рисунок 1.15 – Схема ячеисто-ленточного высаживающего аппарата: 1 – рама; 2 – бункер; 3 – лента; 4 – ячейки; 5 – опорно-приводное колесо; 6 – привод; 7 – шкив; 8 – семяпровод; 9 – сошник; 10 – прикатывающие катки

Ложечные высаживающие аппараты нашли применение в некоторых странах Европы, например, машины для посадки лука и чеснока фирмы «JJBroch» (Испания) и «Socite Bordron Freres» (Франция) (рисунок 1.19) [66], [88], [100]. При испытаниях машины были выявлены недостатки, в частности: ложечка не обеспечивает строгого размещения одной луковицы, иногда она захватывает их две и даже три, что вызывает необходимость установления отсекателя, отражающего лишние луковицы и предупреждающего выбрасывание луковиц цепью из бункера. Равномерность посева составляет не более 50 % [27], [66], [135].

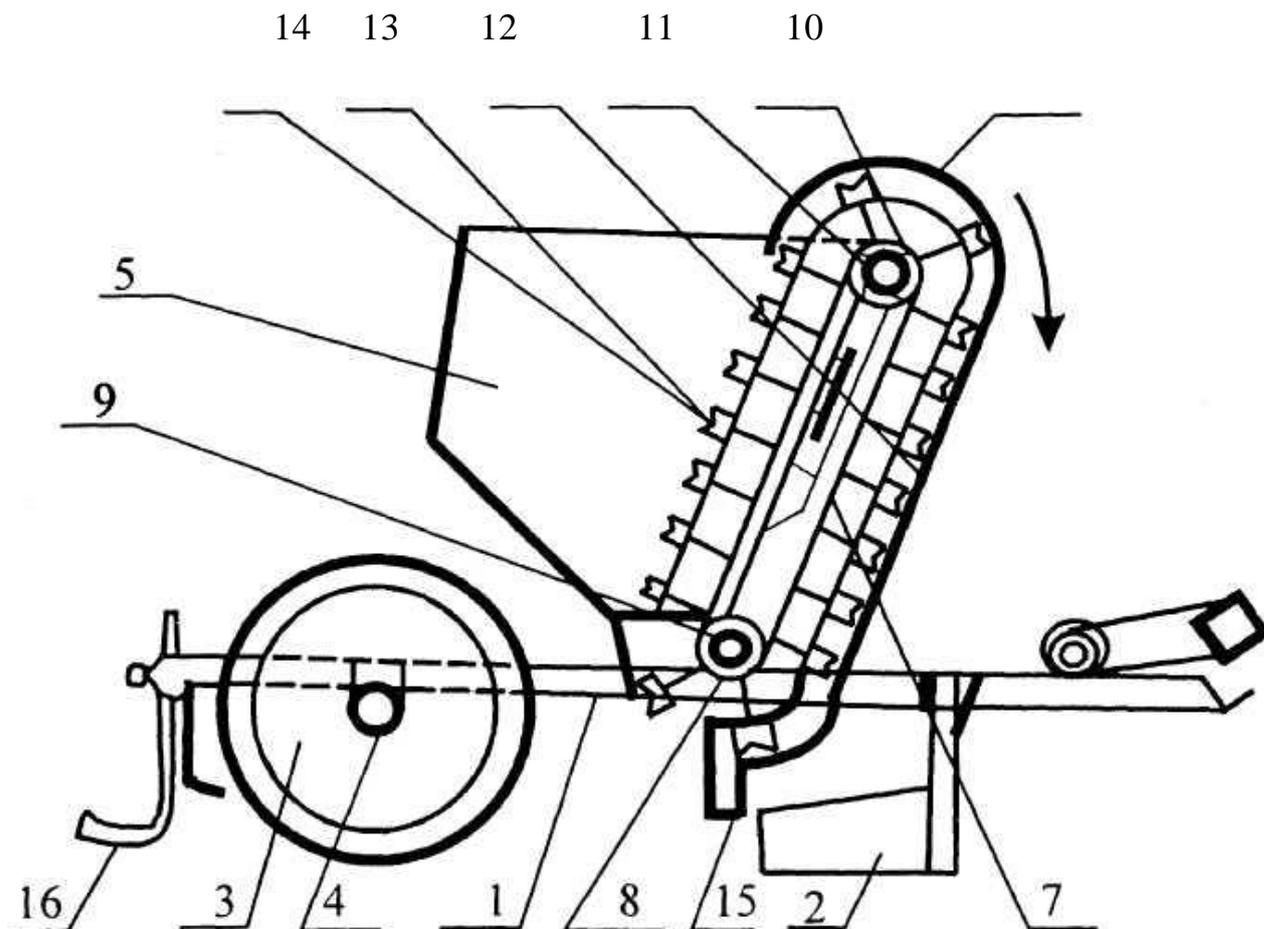


Рисунок 1.16 – Схема цепочно-ложечного аппарата: 1 – рама; 2– сошник анкерный; 3 – колесо прикатывающее; 4 – ступица; 5 – бункер; 6 – направляющие; 7 – цепь; 8 – звездочка ведущая; 9, 11 – валы; 10 – звездочка натяжная; 12 – лапка; 13,14 – ложечки; 15 – горловина; 16 – загортач

Высевающий аппарат с вильчатыми двухрожковыми семязахватывающими органами создан коллективом ВИМ совместно с Кировоградским ПКИ и НИИОХом и применялся на сеялках СЛС-12 и СЛС-5,4. Высевающий аппарат (рисунок 1.17) расположен под бункером 1 и выполнен в виде транспортера с бесконечным приводным элементом в виде цепи 5, к звеньям которой с определенным шагом прикреплены вильчатые захваты 4. Транспортер защищен кожухом 3, являющимся одновременно опорной поверхностью для посевного материала, поступающего самотеком из бункера. Он наклонен к горизонту под углом, при котором обеспечивается

свободное скатывание или сползание помещенных на поверхности кожуха луковиц. Вильчатый захват состоит из расположенных под острым углом друг к другу и по отношению к поверхности кожуха транспортера рожков. При этом для одиночной луковицы, захваченной этим элементом, обеспечивается устойчивое положение, так как она имеет трехточечный контакт с рабочими поверхностями: два – с рожками, один – с кожухом транспортера [6], [167], [172]. Точность высева высевающего аппарата зависит от того, насколько удачно выбраны его параметры: углы установки рожков захвата друг относительно друга и по отношению к кожуху транспортера; длина рожков; угол наклона транспортера и др.

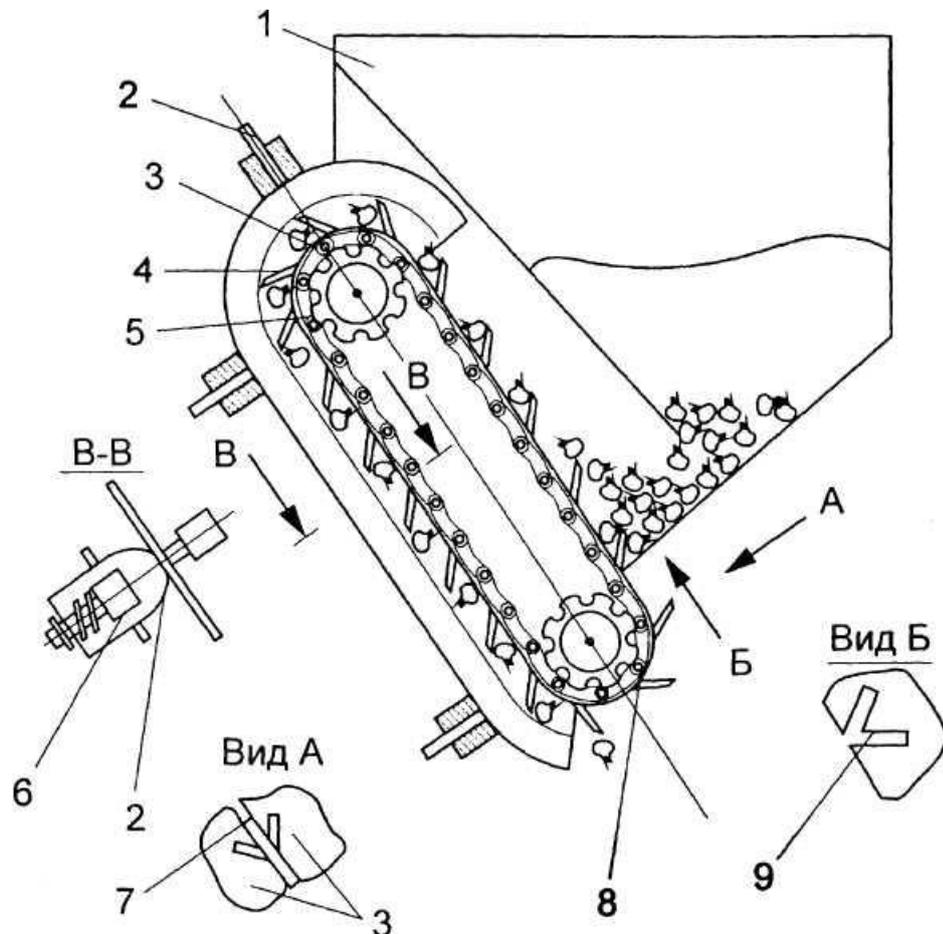


Рисунок 1.17 – Схема вильчатого высевающего аппарата: 1 – бункер; 2 – цепи транспортера; 3 – кожух; 4 – захват вильчатый; 5 – элемент приводной; 6 – дека; 7 – прорезь; 8 – держатель; 9 – фигурный вырез

Равномерность посадки таким высевальным аппаратом относительно высокая, около 70 %. Однако количество луковиц, высаженных донцем вниз, не превышает 30 % [22].

Исходя из патентного поиска, наибольший интерес представляют высевальные аппараты барабанного и вибрационного типа. Вибрационные высевальные аппараты известны достаточно давно. Имеется целый ряд разновидностей этих аппаратов [3], [6], [100], [108]. Так, в Кубанском СХИ разработали сеялку с вибрационным аппаратом (рисунок 1.18), представляющим из себя металлический желобок 4 V-образного сечения длиной 300 мм, который крепится ко дну семенного ящика 1 [108].

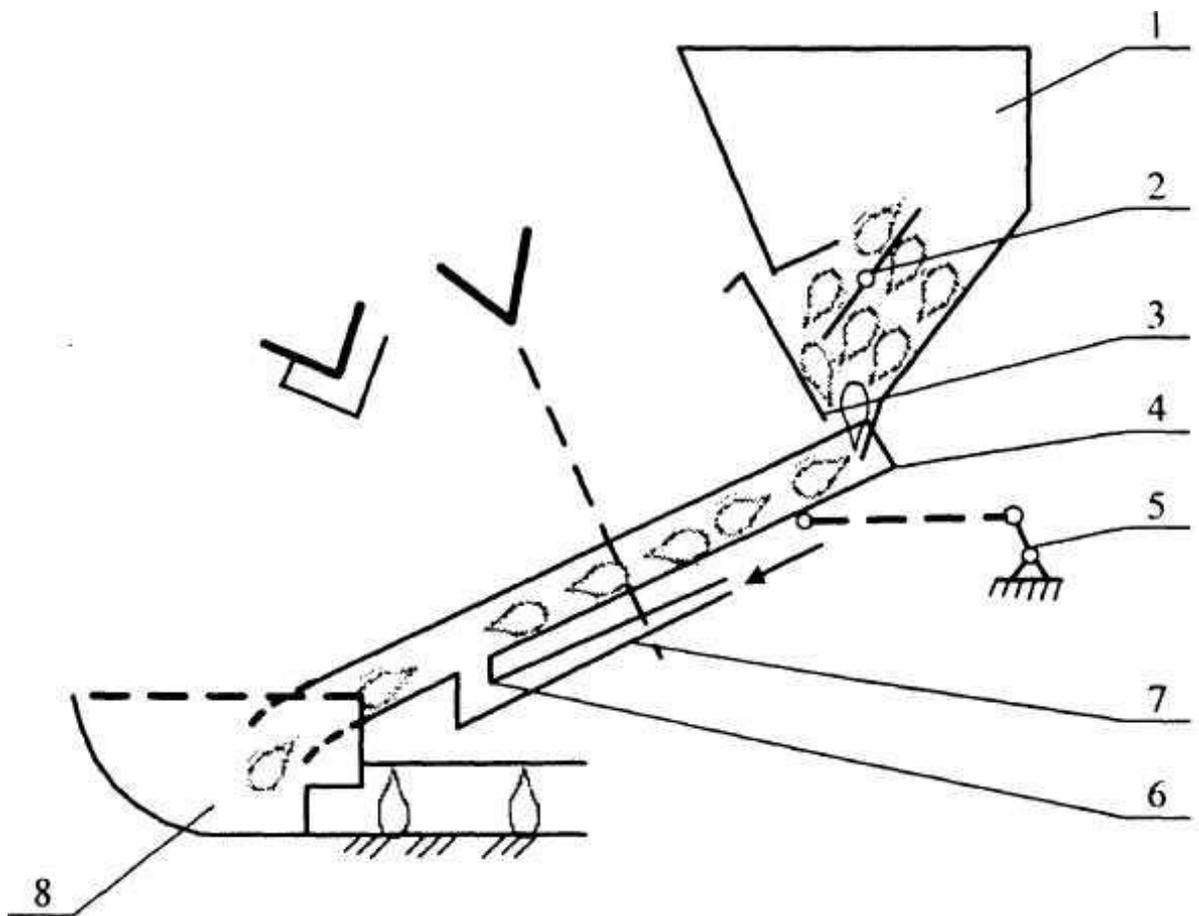


Рисунок 1.18 – Схема вибрационного высевального аппарата: 1 – бункер; 2 – ворошилка; 3 – заслонка; 4 – желобок; 5 – привод; 6 – паз; 7 – канал; 8 – сошник

Удлиненная часть желобка оканчивается над отверстием воронкообразного семяпровода. Желобок приводится в колебательное движение

вдоль продольной оси от ходового колеса сеялки. Амплитуда колебаний при этом равна $A = 1,5$ мм. Четырехзвенный механизм привода 5 позволяет изменять амплитуду колебаний желобков 4, чем регулируется норма высева всех аппаратов. Дополнительно каждый аппарат имеет заслонку 3 на выводном отверстии для индивидуальной регулировки нормы высева.

При проведении полевых испытаний сеялки Кубанского СХИ на сорте лука-севка «Крымский фиолетовый» в пределах агротехнического допуска (от 5 до 15 см) в рядке располагалось 75 % луковиц. Однако во время испытаний выявилось ряд недостатков: при изменении влажности посевного материала изменялась и норма высева; сеялка может работать только на скорости до 3 км/ч [99], [115].

Особого внимания заслуживают работы по разработке ориентирующих устройств для посадки луковиц, так как правильное положение луковицы в борозде – донцем вниз дает существенное повышение урожайности [6], [84], [115], [122], [125], [156], [175].

Высевающий аппарат с ориентирующим устройством (рисунок 1.19) разработанный в Пензенской ГСХА, состоит из кожуха 1, ориентирующего устройства шнекового типа 3, камеры заполнения 4, бункера 5 и ячеистого барабана 6. Технологический процесс посева лука-севка вышеуказанным высевающим аппаратом с ориентирующим устройством протекает следующим образом: луковицы из бункера 5 поступают в камеру заполнения, где попадают в ячейки барабана 6; ориентирующий шнек 3, вращаясь навстречу ячеистому барабану, касается вешек и поворачивает луковицы донцем вперед по ходу вращения барабана; при дальнейшем вращении ячеистого барабана 6 луковицы попадают под кожух 1, который фиксирует их в заданном положении; а после прохода нижней кромки кожуха луковицы выпадают из ячеек. За счет того, что вешка луковицы отклонена назад, луковица разворачивается относительно точки А по часовой стрелке и падает донцем вниз [111]-[120].

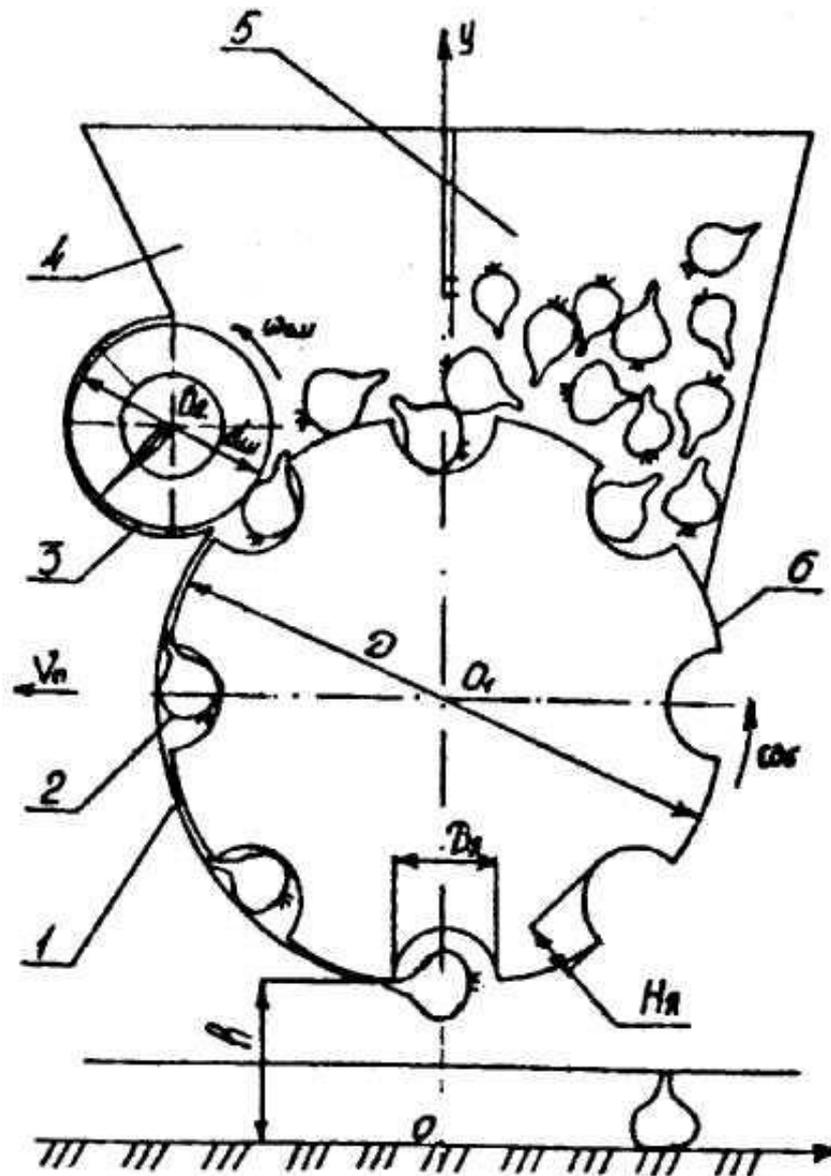


Рисунок 1.19 – Ячеисто – барабанный высеваящий аппарат с ориентирующим устройством: 1 – кожух; 2 – луковица; 3 – ориентирующее устройство; 4 – камера заполнения; 5 – бункер; 6 – ячеистый барабан

К недостатку данной конструкции следует отнести то, что луковицы после ориентации не фиксируются жестко и, следовательно, при движении к месту сброса теряют заданное положение [6].

Большой интерес представляют собой пневматические высаживающие аппараты и исследования по ориентированию луковиц воздушным потоком. Однако, на практике широкое применение они находят только в комбинации с механическими устройствами [10], [11], [14], [20]-[22], [61]-[64], [107].

В пневмомеханическом аппарате с горизонтальной осью вращения диска (рисунок 1.20) вилочки 1 захватов установлены на подвижных кольцах 8, а присасывающие отверстия 3 – на вращающемся корпусе 2 у основания вилок 1. В днище бункера имеются прорезы для прохода вилок 1. При вращении корпуса вилочки 1 захватывают луковицы, подводя их к присасывающему отверстию 3. Под действием вилок 1 и усилий присасывания луковицы выносятся из бункера 5 и транспортируются в сошник, где после экранирования вакуума они попадают в борозду, образованную сошником [27], [111], [115], [135].

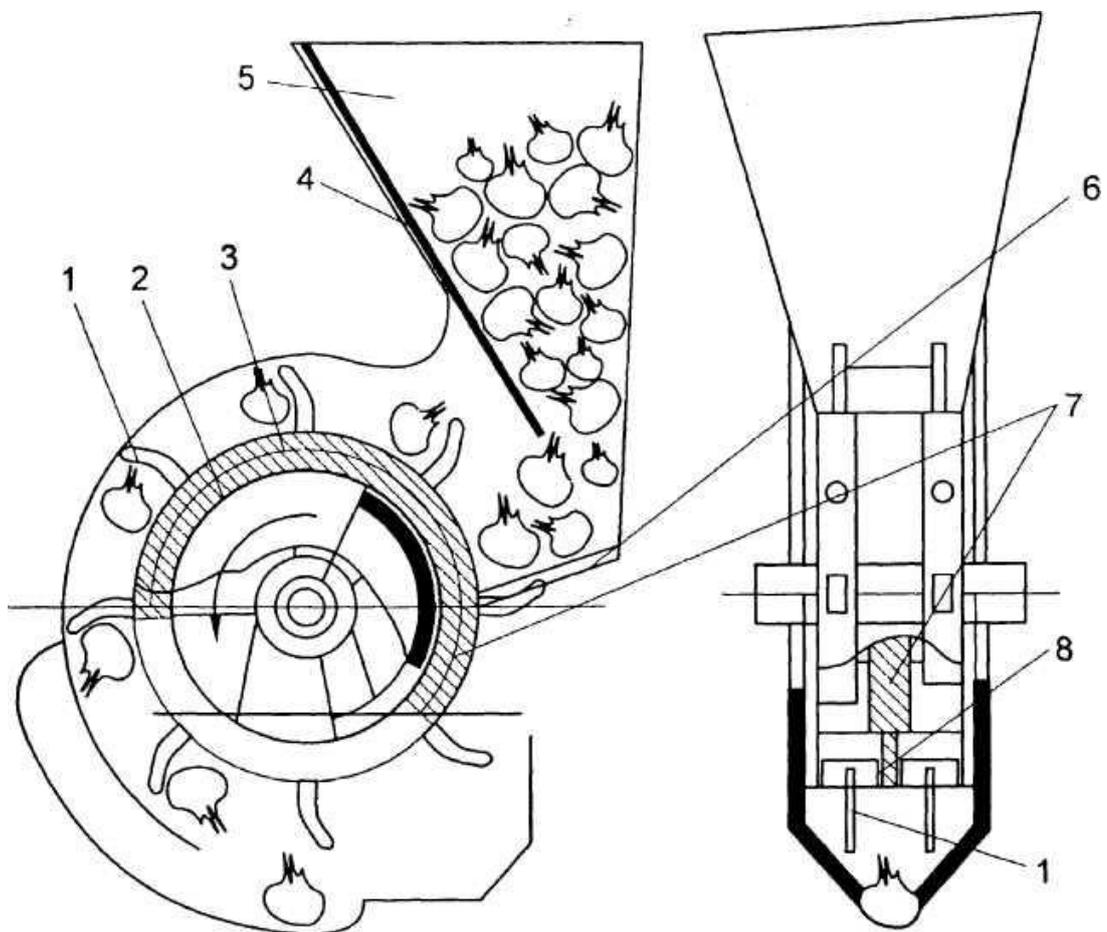


Рисунок 1.20 – Схема пневмомеханического аппарата для посадки лука-севка:
 1 – вилочки; 2 – корпус вращающийся; 3 – отверстие присасывающее;
 4 – заслонка; 5 – бункер; 6 – дно бункера; 7 – отсекающий вакуума; 8 – кольца подвижные

Высев луковиц различных фракций у этого аппарата обеспечивается изменением расстояния между вилочками 1 захвата путем осевого перемещения подвижных колец 8. При использовании этого аппарата необходима калибровка луковиц на фракции.

Преимуществами описанного выше пневмомеханического аппарата являются: наиболее надежный захват луковиц; небольшая высота падения; и незначительная скорость движения их относительно почвы, что практически исключает перекачивание луковиц по дну борозды. К недостаткам следует отнести невозможность перевода луковиц из произвольного положения в заданное, а также сложность конструкции.

Изготовленная на ОАО «Радиозавод» (г. Пенза) посадочная машина, оснащена вибрационно-пневматическим высаживающим аппаратом (рисунок 1.21) [67], [68]. Она состоит из рамы 1, опорно-приводного колеса 2, бункера 3, вентилятора 5, трех вакуумопроводов 6 и трех посадочных секций 4. Каждая секция включает в себя вибрационно-пневматический высаживающий аппарат, сошник, заделывающие катки и копирующий механизм. Достоинством высаживающего аппарата является высокий процент (более 50 %) ориентирования луковиц донцем вниз и равномерность посадки (выше 80 %). К недостаткам следует отнести низкую рабочую скорость до 5 км/ч и высокую энергоемкость пневматической системы. С учетом этого наилучшее применение находит в семеноводстве, где важно обеспечить высокую точность посадки луковиц [6], [19], [59], [72], [73], [77], [80], [134], [137]-[140], [177], [178].

Для выполнения ориентированной посадки отдельное внимание в ряде работ уделялось вопросу заделки луковиц, так как именно на этом этапе посадки часть луковиц теряет свое положение донцем вниз [19], [58], [60], [70], [71], [75], [78], [80]-[83], [141], [160-165].



Рисунок 1.21 – Общий вид посадочной машины оснащенной вибрационно-пневматическим высаживающим аппаратом: 1 – рама; 2 – опорно-приводное колесо; 3 – бункер; 4 – посадочная секция аппарат; 5 – вентилятор; 6 – вакуумопровод; 7 – цепь; 8 – карданный вал

Технические средства для калибрования луковиц

Наряду с формой луковиц, определяющее значение при разработке рабочих органов технических средств для калибровки луковиц и их посадки играет размер луковиц, который для лука-севка в России регламентируется ГОСТ 30088-93 «Лук-севок и лук-выборок. Посевные качества». Калибрование репчатого лука определяется ГОСТ 34306-2017 [48], [49].

В соответствии с этими ГОСТ, по размеру лук-севок делится на три или четыре группы в зависимости от гнзодости и формы луковиц (таблица 1.4).

Таблица 1.4 – Группы по размеру и размеры луковиц по наибольшему поперечному диаметру

Группа по размеру	Размер луковиц по наибольшему поперечному диаметру, мм		
	малогнездные сорта	средне и многогнездных сортов	
		кубастая форма	другие формы
Севок:			
1-я группа	10,0-15,0	15,0-25,0	15,1-22,0
2-я группа	15,1-22,0	25,1-30,0	22,1-30,0
3-я группа	-	-	10,0-15,0
Выборок:			
а) из лука-севка	22,1-40,0	-	30,1-40,0
б) из лука-репки	20,0 40,0	20,0-30,0	20,0-40,0

В посадочном материале, указанном в таблице 1.4, допускается наличие не более 10 % к массе луковиц других размеров, к которым относятся [48], [49]:

- в луке-севке 1-й группы – лук-севок других размеров и лук-выборок из севка;
- в луке-севке 2-й группы - лук-севок диаметром ниже 1-й группы и лук-выборок из севка;
- в луке-севке 3-й группы - лук-севок диаметром ниже 10 мм и лук-выборок из севка.

На практике обеспечить предъявляемые требования к посадочному материалу существующими калибровочными машинами не удастся. Причиной этого является широкое разнообразие форм и размеров луковиц севка. Луковицы одного сорта, но разных групп по наибольшему поперечному диаметру могут различаться более чем в 3 раза; луковицы одной группы, но разных сортов могут кардинально отличаться по форме, по высоте по расположению наибольшего поперечного диаметра. В связи с этим машины для калибровки и посадки луковиц должны быть адаптивными к такому изменению форм и размеров посадочного материала [122], [183].

В настоящий момент в России, как и во всем мире, нашли широкое применение три способа калибрования луковиц по наибольшему поперечному диаметру, это: вибрационное калибрование, калибрование на транспортерно-роликовых машинах и на барабанных калибраторах [103], [104].

Для калибрования луковиц на вибрационных решетках долгое время производилась стационарная машина СЛС-7А (рисунок 1.22). Она состоит из загрузочного транспортера 1, вентилятора 3 с воздухопроводом 2, 2 решёт 4, установленных под углом, транспортеров-лотков для отвода откалиброванного лука 5 [154].

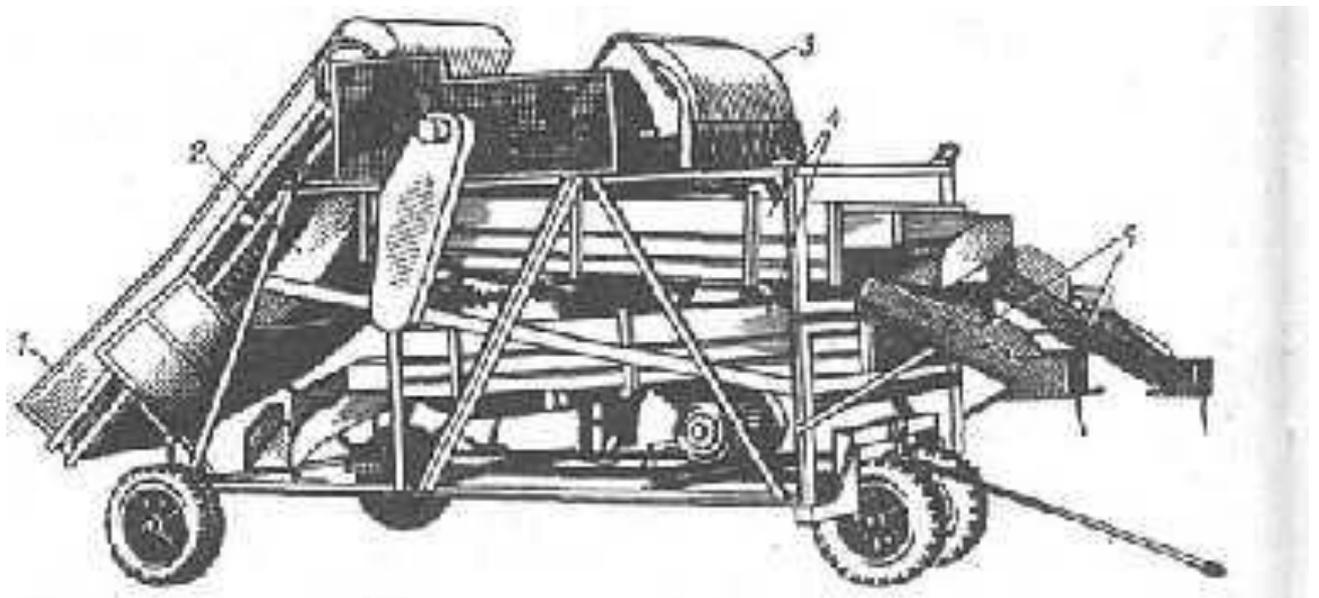


Рисунок 1.22 – Калибратор лука СЛС-7А: 1 – загрузочный транспортёр; 2 – воздуховод; 3 – вентилятор; 4 – решёта; 5 – лотки

Преимуществом данной машины является возможность калибровать луковицы лука-севка и репчатого лука, заменив решета с квадратными отверстиями.

Лук-севок разделяется на 4 группы: 10-14 мм, 15-22 мм и больше 23-30 мм и больше 30 мм. Репчатый лук разделяют на фракцию больше 40 мм, 30-40 мм и меньше 30 мм. К достоинствам также следует отнести высокую

производительность машины. К недостаткам относят высокую травмируемость луковиц и высокое энергопотребление машины, которое составляет 2,8 кВт/ч [154].

В настоящее время машины со схожим принципом действия выпускаются фирмой Allround (рисунок 1.23) [91], [190].



Рисунок 1.23 – Вибрационный калибратор нидерландской фирмы Allround

За рубежом в основном применяют калибровочные машины, в которых калибровка лука производится на роликовых транспортёрах [103], [104].



Рисунок 1.24 – Общий вид калибровочной машины с транспортером роликового типа

В калибровочных машинах с роликовыми транспортерами (рисунок 1.24) разделение по фракциям происходит за счет того, что по мере продвижения роликового транспортера из начала в конец устройства расстояние между роликами увеличивается, образуя щели, в которые проходит разделяемый продукт.

Разделенный на фракции продукт выгрузными транспортерами отводится от линии и загружаются в контейнеры или рабочими в мешки.

Недостатком данных машин является неудовлетворительное разделение плоских и овальных луковиц на фракции, из-за не ориентированного их положения на калибрующей поверхности.



Рисунок 1.25 - Общий вид калибровочной машины барабанного типа с круглыми отверстиями

Калибровочные машины барабанного типа (рисунок 1.25) представляют собой последовательно установленные цилиндрические барабаны с круглыми отверстиями на боковой поверхности, размер которых соответствует разделяемым фракциям, причем барабаны установлены осью симметрии поперек движения материала, что позволяет луковичам последовательно проходить барабаны от меньших калибрующих отверстий к большим.

Достоинством таких машин является относительная точность калибрования, но существенный их недостаток – низкая производительность и высокая повреждаемость луковиц в виде их оголения.

Классификация рабочих органов калибровочных и посадочных машин по степени адаптивности

С учетом обоснованного выше требования адаптивности рабочих органов к изменению форм и размеров посадочного материала на калибровании и посадке луковиц необходимо рассмотреть существующие машины на предмет соответствия их этому требованию.

Правильно будет разделить такие устройства и рабочие органы на две группы по адаптивности к изменению форм и размеров посадочного материала (рисунок 1.26):

- адаптивные – самостоятельно (автономно) приспособливающиеся к изменению форм и размеров посадочного материала без изменения конструктивных и режимных параметров;

- неадаптивные – не приспособливающиеся к изменению форм и размеров посадочного материала без изменения конструктивных и (или) режимных параметров;

В свою очередь неадаптивные можно разделить еще на две подгруппы:

- адаптируемые - приспособливающиеся к изменению форм и размеров посадочного материала за счет изменения режимных параметров, но без изменения конструктивных параметров;

- неадаптируемые – не приспособливающиеся к изменению форм и размеров посадочного материала без изменения конструктивных параметров.

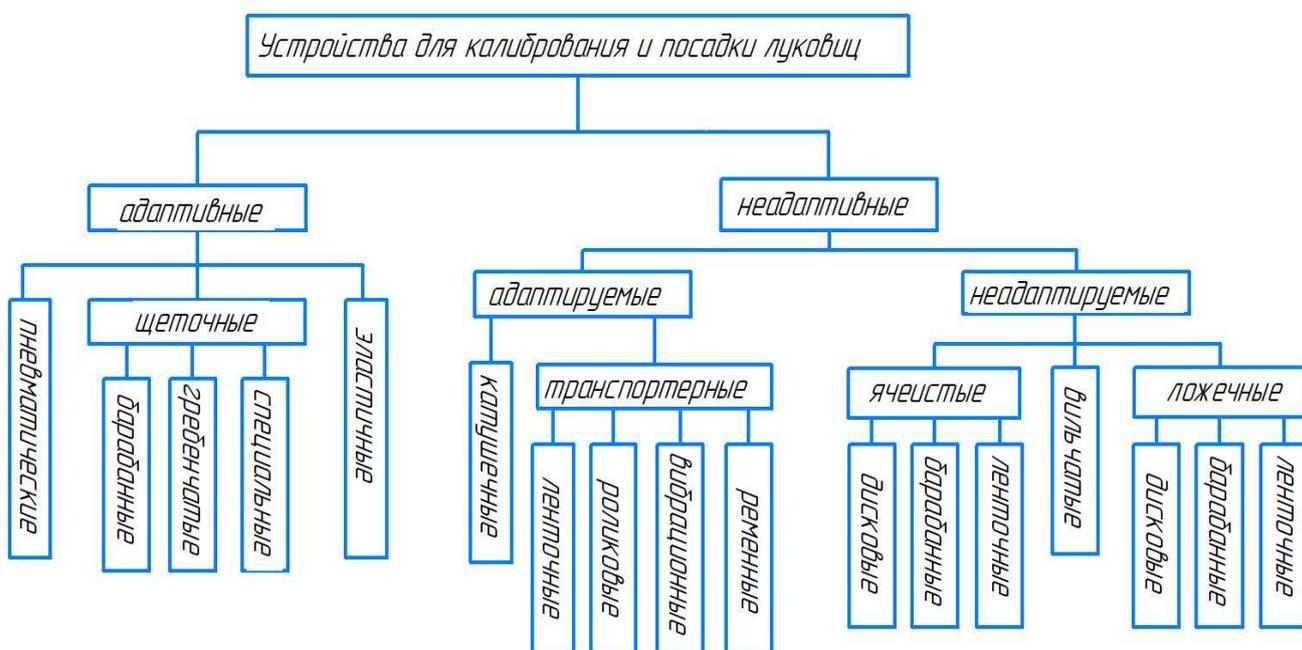


Рисунок 1.26 – Классификация устройств для калибровки и посадки лукович по их адаптивности к изменению форм и размеров лукович

Адаптивными к изменению формы и размеров луковиц являются щеточные, эластичные и пневматические устройства. Щеточные бывают барабанного и гребенчатого типов, а также специальной формы. Основное назначение щеточных устройств – распределение луковиц, фиксация и (или) перевод в требуемое положение, сброс лишних луковиц, транспортирование. Эластичные устройства, в свою очередь служат в качестве экранов, клапанов, фиксаторов, встряхивателей.

На практике щеточные и эластичные рабочие органы самостоятельно используются редко, так как не могут обеспечить высокой равномерности распределения материала, поэтому они применяются в комбинации с неадаптивными устройствами.

Среди неадаптивных устройств большой интерес представляют адаптируемые, к которым относятся катушечные и транспортерные. Устройства транспортерного типа могут быть вибрационные, ленточные и ременные. При изменении формы и размеров луковиц и для обеспечения заданных качественных показателей работы, в таких устройствах достаточно изменить режимные параметры. Для катушечных необходимо изменить частоту вращения и положение ограничивающей заслонки. В вибрационных - это изменение режимов вибрации (частота, амплитуда и направление вибрации), для ленточных и ременных – это частота вращения и угол наклона рабочей поверхности.

К оставшейся группе неадаптируемых относятся устройства для приспособления которых, к изменению формы и размеров луковиц, недостаточно изменить только режимные параметры, необходимо вносить и конструктивные изменения. Это устройства барабанного или дискового типа, имеющие вильчатые, ячеистые или ложечные захваты. К этой группе в основном относятся устройства для посадки луковиц, которые устойчиво работают на сортах округлой формы, разделенные по фракциям.

Предложенная классификация адаптивности устройств для калибрования и посадки луковиц к изменению форм и размеров луковиц

позволяет обосновать принятие решения о выборе конструктивных схем машин для калибрования и посадки луковиц в зависимости от поставленной задачи.

1.4 ВЫВОДЫ. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Российская Федерация является одним из крупнейших производителей луковых культур в мире, а также крупным импортером лука, ежегодно закупая до 400 тыс. тонн, что составляет 25 % от собственного производства. При этом климатические условия позволяют полностью обеспечить себя отечественной продукцией. Анализ структуры производства показывает, что основной объем лука возделывается в однолетней культуре из семян, что не позволяет обеспечивать спрос на лук круглый год, так как такой лук созревает только в конце августа, а хранится до марта. В период с апреля по август внутреннее потребление может обеспечиваться луком, произведенным в двухлетней культуре из севка, при этом ключевыми операциями в этой технологии является ленточный посев семян лука, посадка и калибрование луковиц, однако технические средства, в полной мере отвечающие агротехническим требованиям, на эти операции отсутствуют. Основной проблемой в их разработке является широкая вариабельность форм и размеров луковиц, в результате имеется большое разнообразие конструкций машин, удовлетворительно работающих на отдельных сортах, но не адаптивных к существующему изменению форм и размеров луковиц.

Анализ методов проектирования и разработки машинных технологий сельскохозяйственных культур показывает, что существующие решения представляют собой базы данных машин для той или иной культуры с набором технических и технологических характеристик, из которых оператор выбирает необходимые машины, опираясь на свой опыт, не имея при этом достоверной информации о влиянии той или иной машины и их сочетания на конечные показатели эффективности, что в большинстве случаев приводит к убыточности производства луковых культур.

Анализ устройств для посева семян лука показывает, что наибольшее распространение получают машины для ленточного посева с пассивными распределителями семян из-за их простоты и надежности, однако проектирование поверхности распределителя-отражателя остается сложно формализуемой задачей и поэтому опирается в основном на эмпирические исследования, что не дает требуемой равномерности распределения семян у существующих устройств и приводит к доли некондиционного материала лука-севка до 30 %.

Анализ устройств для посадки луковиц показывает, что получившие наибольшее распространение высаживающие аппараты ленточного и катушечного типа не отвечают основному требованию посадки – ориентированию луковиц донцем вниз, в свою очередь машины, отвечающие этому требованию, являются энергоемкими и дорогими в эксплуатации. Машины для калибрования вибрационного, роликового и барабанного типа также не оборудуются устройствами для ориентирования луковиц относительно калибруемого отверстия, в результате чего требуемая по ГОСТ точность калибрования не обеспечивается.

Для обоснования конструктивных схем машин для калибрования и посадки луковиц разработана классификация устройств для калибрования и посадки луковиц по степени их адаптивности к изменению форм и размеров луковиц.

В связи с этим, актуальным является разработка комплекса технических средств для возделывания луковых культур, включающего в себя операции по посеву семян лука, посадки и калибрования луковиц, а также реализация программного обеспечения для разработки машинных технологий адаптивных к почвенно-климатическим условиям и свойствам посадочного материала.

Исходя из этого сформулирована цель и задачи исследований.

Цель работы. Повышение эффективности производства луковых культур, путём обоснования и разработки адаптивных машинных технологий и технических средств для посева семян лука, калибрования и посадки луковиц.

Задачи исследований:

- проанализировать существующие технологии и технические средства для возделывания луковых культур и определить направления их совершенствования;
- разработать метод и модель проектирования адаптивных машинных технологий для возделывания луковых культур с учетом их адаптивности к физико-механическим и технологическим свойствам семенного материала и почвы;
- теоретически обосновать параметры и разработать конструкции технических средств для ленточного посева семян лука, калибрования и ориентированной посадки луковиц;
- экспериментально исследовать в лабораторных и полевых условиях разработанные адаптивные технологии и технические средства для возделывания луковых культур;
- провести технико-экономические исследования разработанных адаптивных машинных технологий и технических средств в производственных условиях;
- выполнить опытно-производственную проверку и внедрение разработанных адаптивных технологий и технических средств для возделывания луковых культур;
- разработать рекомендации по применению разработанных адаптивных машинных технологий и технических средств для возделывания луковых культур научно-образовательным, промышленным и сельскохозяйственным организациям.

2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ АДАПТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛУКОВЫХ КУЛЬТУР

2.1 МЕТОД И МОДЕЛЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АДАПТИВНЫХ МАШИННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛУКОВЫХ КУЛЬТУР

Машинные технологии возделывания луковых культур формируются из множества элементов, включающих в себя сложные технические объекты требующие управления, а так как в процессе реализации технологии может изменяться состояние окружающей среды (физико-механические свойства луковиц, почв, рабочих органов и др.), а также цели выполнения (урожайность, норма высева, и др.), то управление должно быть адаптивным, то есть подстраивающимся под изменяющиеся условия функционирования машин на возделывании луковых культур [1], [23], [56], [152], [153], [181], [191], [192].

Рассмотрим специфику управления машинной технологией возделывания луковых культур и введем необходимые понятия и определения.

Управление – это процесс организации целенаправленного воздействия на объект, для перевода его в требуемое состояние [157].

Объект управления – часть окружающего мира, состояние которого нас интересует и на который можно целенаправленно воздействовать - управлять [157].

Под воздействием окружающей среды состояние объекта может меняться, если X - среда, в которой находится объект, а Y - параметры объекта, то объект можно представить [157]:

$$Y = F^0(X), \quad (2.1)$$

где F^0 - оператор связи входа X и выхода Y объекта, показывает особенности функционирования объекта.

Источником целей, реализуемых управлением, является «субъект». В рассматриваемых процессах посева, калибрования и посадки луковиц эти цели определяются у субъекта в соответствии с существующими стандартами и

агротехническими требованиями на операции посева, калибрования и посадки луковиц.

Целевые требования Z^* на операции посева, калибрования и посадки луковиц, которые по мнению субъекта приведут к требуемым результатам будем обозначать равенством [157]:

$$Y = Z^*, \quad (2.2)$$

а невыполнение – неравенством:

$$Y \neq Z^*, \quad (2.3)$$

Далее, перед тем как разрабатывать систему управления, рассмотрим этапы управления сложным объектом.

Для формулировки целей управления возделывания луковых культур рассмотрим систему «Оператор – Посадочный материал – Машинная технология – Поле». Эту систему можно представить в виде набора параметров (рисунок 2.1):

$$\Pi = (\Pi_1, \dots, \Pi_n). \quad (2.4)$$

Причем каждый из этих параметров может быть изменен субъектом управления, следовательно, данная система управляема:

$$\Pi(U) = (\Pi_1(U), \dots, \Pi_n(U)). \quad (2.5)$$

Все множество возможных значений параметров рассматриваемой системы образуют пространство ситуаций $\{\Pi\}$, через которое субъект и воспринимает систему «Оператор – Посадочный материал – Машина – Поле».

Субъект формулирует свои цели собственными ему целевыми понятиями, отличающимися от терминов системы «Оператор – Посадочный материал – Машина – Поле», которые можно записать в следующем виде [157]:

$$Z = (z_1, \dots, z_k), \quad (2.6)$$

где каждый целевой показатель z_i зависит от ситуации S , т. е:

$$z_i = \psi_i(\Pi) \quad (i = 1, \dots, k), \quad (2.7)$$

где ψ_i - функции определяют связь среды i и целевого показателя z_i .

В векторной форме эта связь выражается в виде:

$$Z = \psi(\Pi), \quad (2.8)$$

где $\psi(\Pi) = (\psi_1(\Pi), \dots, \psi_k(\Pi))$ – некоторая целевая функция (2.9)

Целью управления рассматриваемой системы является обеспечение целевых показателей возделывания луковиц при изменении внешней среды, к таким показателям относятся:

- урожайность заданного качества Z_1 , т/га;
- затраты энергии на единицу продукции Z_2 , кВт/т;
- производительность Z_3 , га/ч.

Для формализации целевых показателей запишем их в следующей форме:

- 1) $Z_1 \rightarrow \max$;
- 2) $Z_2 \rightarrow \min$;
- 3) $Z_3 \rightarrow \max$.

Тогда цель Z отражается в пространстве ситуаций $\{S\}$ в виде системы целевых требований:

$$S^* : \begin{cases} \psi_1(\Pi) \rightarrow \max; \\ \psi_2(\Pi) \rightarrow \min; \\ \psi_3(\Pi) \rightarrow \max. \end{cases} \quad (2.10)$$

В зависимости от возможностей воздействовать на окружающую среду субъектом, он может достигнуть область, удовлетворяющей целевым требованиям, то есть это зависит от варианта управления [157]:

$$\Pi^* = \Pi(U). \quad (2.11)$$

Управление и его возможности будут зависеть от имеющихся ресурсов R [157]:

$$U \in R. \quad (2.12)$$

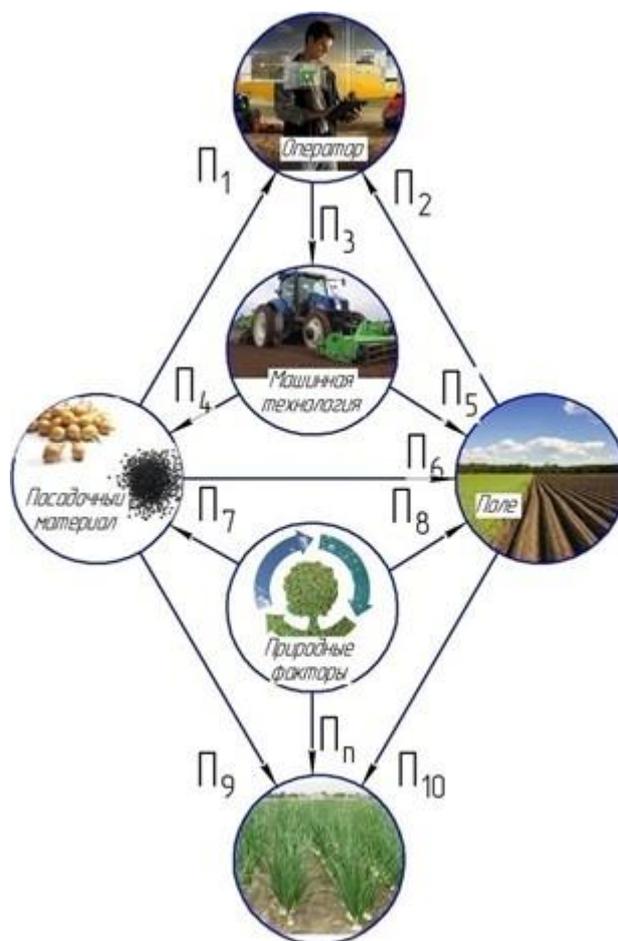


Рисунок 2.1 – Система возделывания луковых культур «Оператор-Посадочный материал - Машинная технология - Поле»

Очевидно, что ресурсы определяют информационное и техническое обеспечение управления U .

Следует заметить, что под параметрами среды Π подразумеваются измеряемые параметры X системы «Оператор – Посадочный материал – Машина – Поле» и параметры объекта Y , взаимодействующего со средой. Таким образом [157]:

$$\Pi = (X, Y). \quad (2.13)$$

Однако разделение среды Π на элементы возможно, только после выделения из системы «Оператор – Посадочный материал – Машина – Поле» объекта управления [157].

Этап управления по определению объекта проводится на основе априорной информации в зависимости от поставленных целей [157].

Как было сказано выше, целью управления системы «Оператор – Посадочный материал – Машинная технология – Поле» является повышение урожайности возделываемой культуры.

Сорта и гибриды каждой сельскохозяйственной культуры имеют свой потенциал урожайности $У_{п}$, реализовать который на практике бывает сложно. В зависимости от почвенных и климатических условий в хозяйстве поля и зональной технологии, этот потенциал, как правило, снижается до урожайности $У_{ПК}$. Дальнейшее снижение урожайности обусловлено выбранной технологией возделывания и недостатками в работе применяемых машин и оборудования. Графически такую динамику потери потенциальной урожайности можно представить следующей диаграммой (рисунок 2.2) [7].

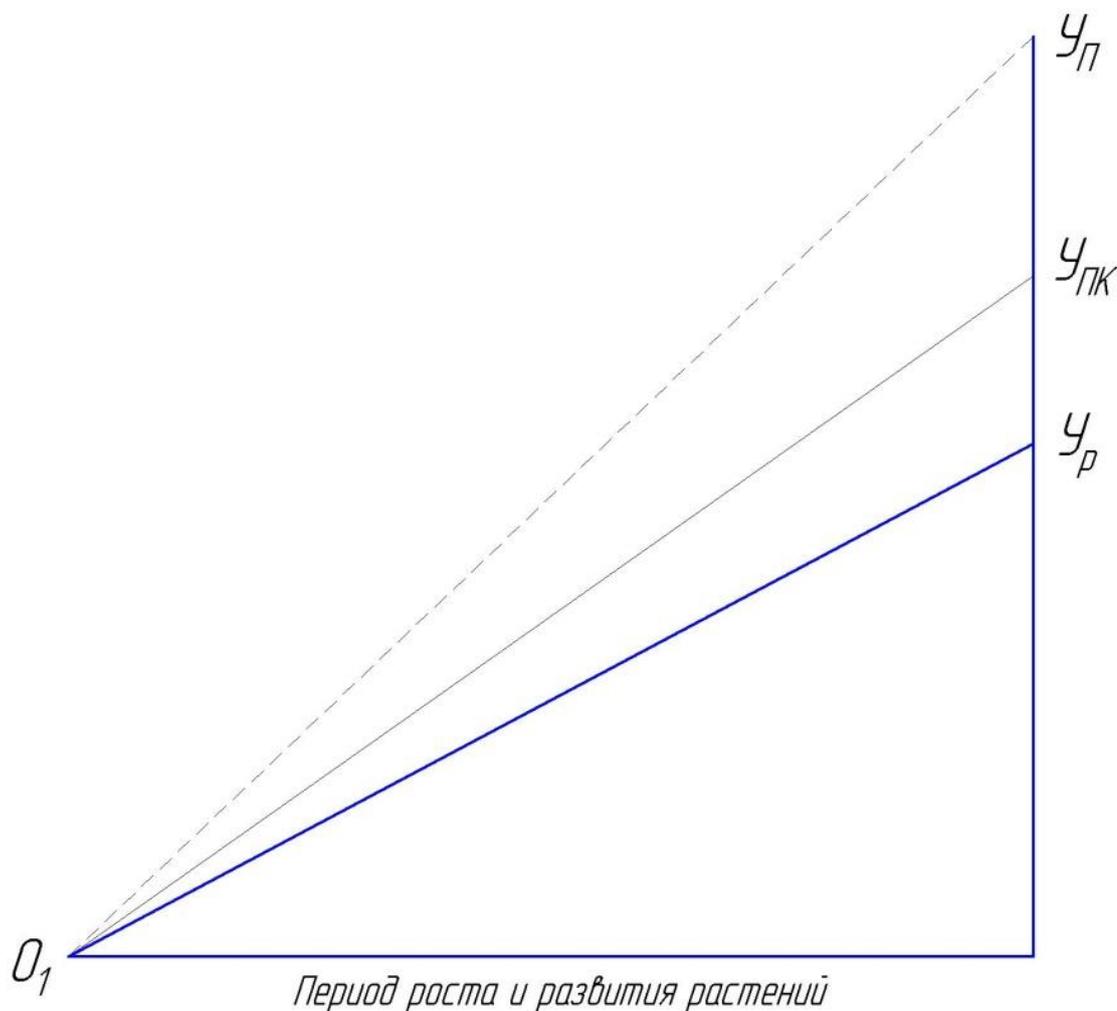


Рисунок 2.2 – Диаграмма потери потенциальной урожайности в связи с почвенно-климатическими условиями и недостатками технологии возделывания

Тогда отношение фактической урожайности, полученное при применении определенной технологии, к потенциальной урожайности для данной почвенно-климатической зоны, показывает приспособленность (адаптивность) данной технологии к зоне возделывания и такую технологию можно оценить коэффициентом адаптации [7]:

$$K_a = \frac{y_p}{y_{пк}}. \quad (2.14)$$

Структура управления зависит от состояния объекта Y и его управляемых и неуправляемых входов – X и U [157]:

$$Y = F(X, U). \quad (2.15)$$

Такая зависимость F описывается алгоритмом, оформленным в виде правила, инструкции, регламента и.т.д., который указывает, как, получая информацию о входах X и U , определить выход Y . Вид этого алгоритма с его параметрами будет определять структуру F [157]:

$$F = \langle St, C \rangle, \quad (2.16)$$

где St - структура модели F , $C = (c_1, \dots, c_k)$ - ее параметры.

В связи с этим следующим этапом необходимо определить структуру St объекта управления. На расчетную урожайность U_p оказывает влияние каждая технологическая операция возделывания сельскохозяйственной культуры, если все эти операции последовательно разместить на диаграмме (рисунок 2.2) в виде столбцов вариантов, то множество способов достижения расчетной урожайности можно представить в виде диаграммы (рисунок 2.3), иллюстрирующей комбинации технологических операций. Подобные диаграммы позволяют проектировать технологии и комплексы машин для возделывания конкретных культур, находить оптимальное сочетание технологических операций для достижения максимальной урожайности при минимальных энергозатратах. Также может быть спланирована урожайность, в зависимости от имеющегося набора машин и оборудования, и с учетом этого откорректированы нормы внесения семенного материала, удобрений, полива и средств защиты растений [7].

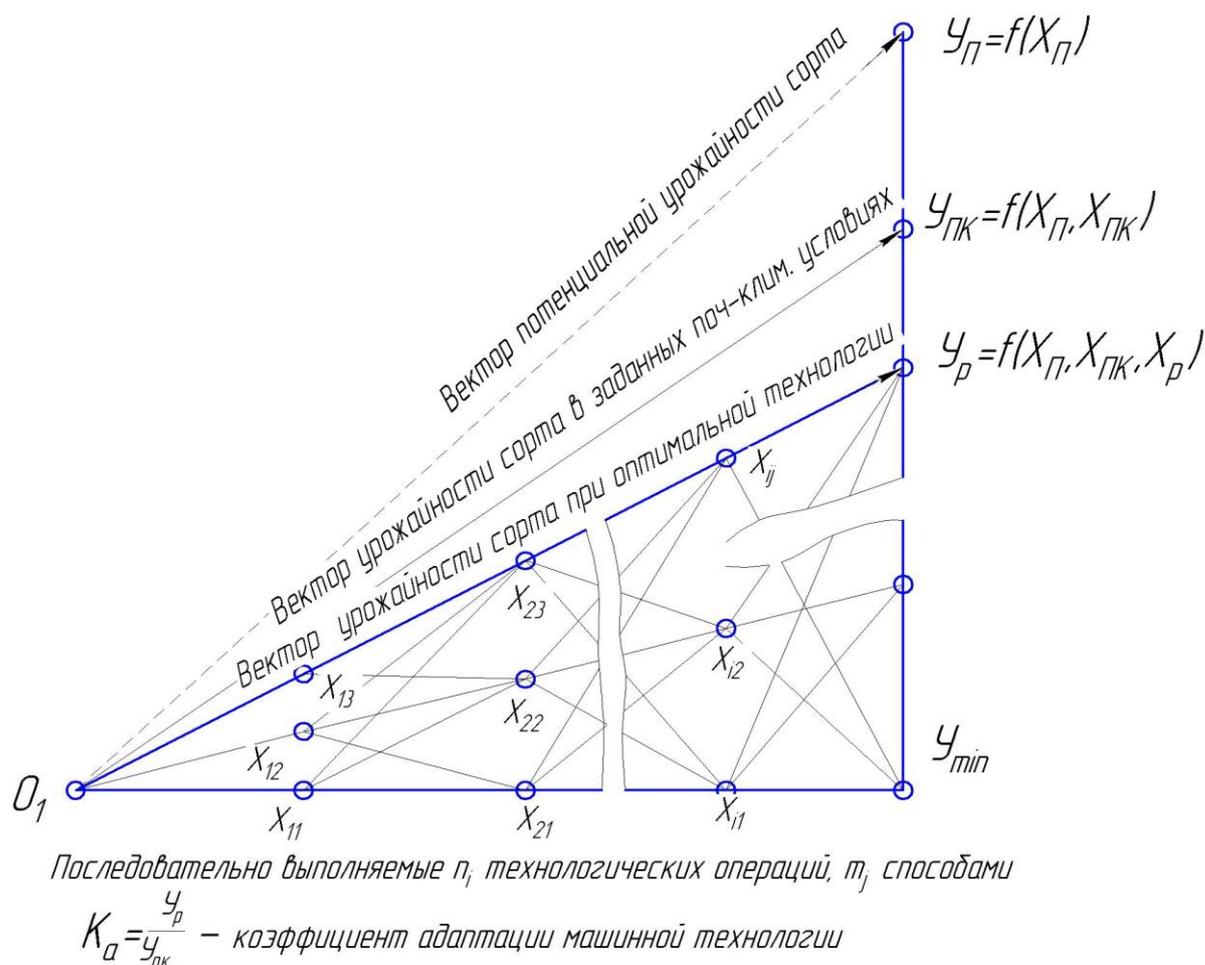


Рисунок 2.3 – Диаграмма возможных комбинаций технологических операций по возделыванию сельскохозяйственных культур

Принимаем количество учитываемых технологических операций равное N , а число вариантов выполнения каждой операции M равное для всех операций, тогда множество способов достижения расчетной урожайности можно представить в виде двумерной таблицы 2.1.

В общем виде для прохождения пути из точки O_1 в заданную ячейку таблицы с координатами $(i; j)$, учитывая, что технологические операции выполняются последовательно, перемещаться можно по горизонтали и диагонали с единичным шагом. То есть, из т. O_1 может быть осуществлен переход в ячейку с координатами $(1; 1)$ $(1; 2)$ $(1; \dots)$ $(1; M)$, из чего следует, что

количество возможных переходов на первом шаге a_{1j} равно количеству вариантов выполнения операции M :

$$a_{i1} = M. \quad (2.17)$$

Тогда количество вариантов достижения заданной ячейки с координатами $(i; j)$ будет определяться формулой, представляющую из себя следующую рекуррентную последовательность [7], [29]:

$$a_{ij} = a_{i(j-1)} + a_{(i-1)(j-1)} + \dots + a_{(i-M-1)(j-1)}. \quad (2.18)$$

Таблица 2.1 – Табличное представление множества способов достижения расчетной урожайности

M	C_{1j}	C_{2j}	C_{3j}	...	C_{ij}
...
3	C_{13}	C_{23}	C_{33}	...	C_{i3}
2	C_{12}	C_{22}	C_{32}	...	C_{i2}
1	C_{11}	C_{21}	C_{31}	...	C_{i1}
O_1	1	2	3	...	N

С точки зрения технологического процесса возделывания сельскохозяйственных культур, представляет интерес прохождение оптимального пути к заданному значению. Для этого необходимо каждой ячейке назначить ее ценность C_{ij} в достижении конечного результата.

В машинных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур выделяют основные направления оптимизации - это повышение урожайности за счет агротехнических мероприятий Y_{ij} , снижение энергозатрат на выполнение операций Δ_{ij} и повышение производительности Π_{ij} .

Выбор ячейки на первом шаге будет определен ценностью ячеек в 1 столбце и тогда в зависимости от задачи минимизации (или максимизации) [7]:

$$c_{i1} = \min(\max)(c_{(i+1)1}; \dots; c_{(i+M)1}). \quad (2.19)$$

Тогда стоимость пройденной цепочки из технологических операций в заданной ячейки $(i; j)$ описывается рекуррентной последовательностью [7, 29]:

$$c_{ij} = c_{\min(\max)(j-1)} + \min(\max)(c_{(i+1)j}; \dots; c_{(i+M)j}). \quad (2.20)$$

Таким образом, для практического применения динамического программирования машинных технологий возделывания необходимо разработать критерий оптимизации, отражающий динамику изменения

урожайности выбранного сорта в заданных почвенно-климатических условиях в зависимости от применения тех или иных технических средств выполнения технологических операций. По сути, данный критерий будет показывать насколько разрабатываемая технология адаптирована к возделыванию сорта в определенных почвенно-климатических условиях, то есть логично назвать его критерием адаптации, а оптимизированную по данному критерию машинную технологию возделывания – адаптивной [7].

В рассмотренную выше таблицу 2.1 модели динамического программирования следует включить в первую очередь операции по предпосевной подготовке почвы и семенного материала, посева и посадки, а затем, по результатам расчета прогнозируемой урожайности, корректировать операции по уходу за посевами, а именно нормы внесения удобрений, полива и средств защиты растений (рисунок 2.4).

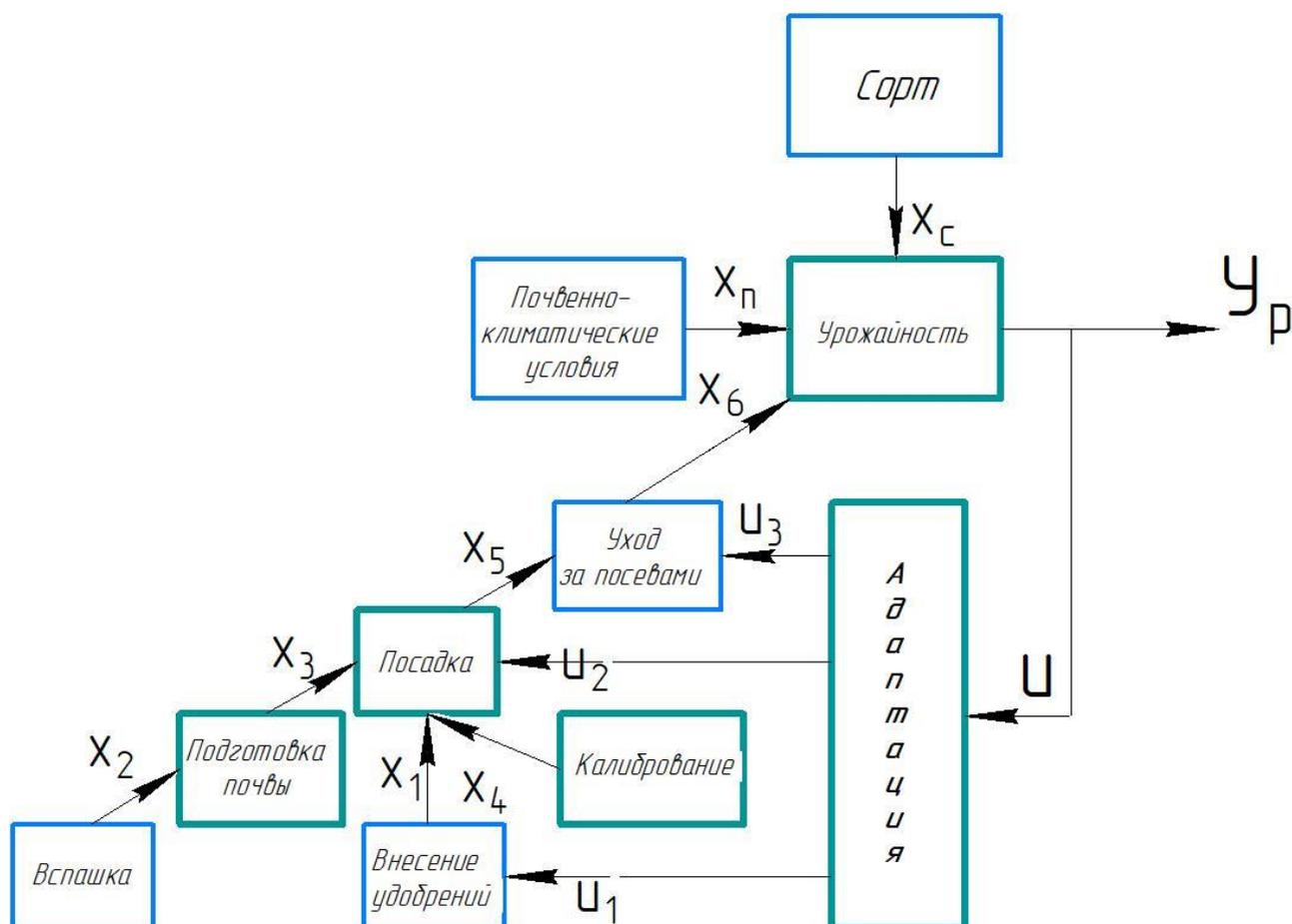


Рисунок 2.4 – Структурная модель адаптивной технологии возделывания луковых культур

Для заполнения вариантов столбцов таблицы 2.1 для каждой машины необходимо определить коэффициент адаптации. Для этого необходимо сформулировать факторы адаптации. К таким факторам следует отнести в первую очередь физико-механические свойства почвы, посевного, посадочного материала, удобрений, средств защиты растений и другие. Далее провести серию экспериментальных исследований или использовать данные протоколов испытаний МИС и внутрихозяйственные сведения о показателях работы машин. Получить зависимости между типом исследуемых машин и урожайностью. Эта работа будет являться параметрическим синтезом модели, в ходе которой будут определены параметры C модели [157]:

$$Y = F(X, U, C), \quad (2.21)$$

где описанная структура адаптивной технологии возделывания луковых культур отражена в модельном операторе F .

Для проведения параметрического синтеза модели адаптивной технологии возделывания луковых культур будем использовать методы идентификации (наблюдение и фиксация параметров объекта) и планирование экспериментов с объектом.

Определить параметры существующих машин можно методом идентификации, для этого используем данные протоколов испытаний МИС и внутрихозяйственные сведения о показателях работы машин.

Для разрабатываемых новых машин необходимо провести серию экспериментальных исследований планированием эксперимента.

Для проведения синтеза управления систему целевых требований (2.10) преобразуем для преодоления многокритериальности [157].

Полученное управление должно быть оптимально или рационально исходя из целей управления и представляет собой программу изменения управляемых параметров [157]:

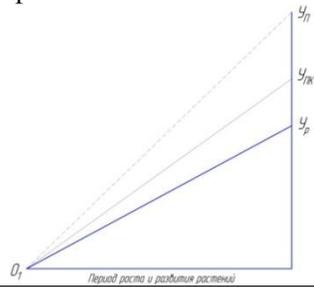
$$U^* = U^*(t). \quad (2.22)$$

Для автоматизации реализации управления разрабатывается компьютерная программа управления технологией возделывания луковых культур.

После реализации цикла управления, в случае недостижения поставленной цели, корректируется один из этапов управления, то есть проводится адаптация модели управления (рисунок 2.4). Адаптацию также необходимо производить в случае изменения входных параметров, а именно при смене сорта, поля, состава машин и.т.д.

Для наглядности сведем все этапы управления машинной технологией возделывания луковых культур в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 – Матрица управления машинной технологией возделывания луковых культур

	Цель управления	Объект управления	Структура модели	Параметрический синтез модели	Синтез управления	Реализация управления																																				
Мат. выражение этапа управления	$Z = (z_1, \dots, z_k)$	$\kappa_a^d = \frac{y_p^d}{y_{пк}^d}$	$F = \langle St, C \rangle$	$Y = F(X, U, C)$	$\Pi = \Pi(U)$ $U \in R$	$U = U(t)$																																				
Цели этапа	Определить целевые показатели, которые необходимо обеспечить в результате управления рассматриваемой системы возделывания луковиц	Выделение части среды, состояние которой интересует субъект в связи с целевыми требованиями	Определение структуры St объекта управления	Определение параметров $C = (c_1, \dots, c_k)$	Программа изменения управляемых параметров U , в ситуации S для достижения заданной цели управления Z^*	Отработка программы действий в ситуации S для достижения заданной цели управления Z^*																																				
Результат	к таким показателям относятся: - урожайность луковых заданного качества Z_1 ; - затраты энергии на производство Z_2 ; - производительность Z_3	Коэффициент адаптации и его физ.смысл. 	<table border="1"> <tr> <td>M</td> <td>C_{1j}</td> <td>C_{2j}</td> <td>C_{3j}</td> <td>...</td> <td>C_{ij}</td> </tr> <tr> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>C_{13}</td> <td>C_{23}</td> <td>C_{33}</td> <td>...</td> <td>C_{i3}</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>C_{12}</td> <td>C_{22}</td> <td>C_{32}</td> <td>...</td> <td>C_{i2}</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>C_{11}</td> <td>C_{21}</td> <td>C_{31}</td> <td>...</td> <td>C_{i1}</td> </tr> <tr> <td>O</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>...</td> <td>N</td> </tr> </table>	M	C_{1j}	C_{2j}	C_{3j}	...	C_{ij}	3	C_{13}	C_{23}	C_{33}	...	C_{i3}	2	C_{12}	C_{22}	C_{32}	...	C_{i2}	1	C_{11}	C_{21}	C_{31}	...	C_{i1}	O	1	2	3	...	N	База данных параметров C Таблицы 2.3-2.4	Программа изменения управляемых параметров во времени (выражение 2.23)	Компьютерная программа возделывания луковых культур
M	C_{1j}	C_{2j}	C_{3j}	...	C_{ij}																																					
...																																					
3	C_{13}	C_{23}	C_{33}	...	C_{i3}																																					
2	C_{12}	C_{22}	C_{32}	...	C_{i2}																																					
1	C_{11}	C_{21}	C_{31}	...	C_{i1}																																					
O	1	2	3	...	N																																					

2.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЯ АДАПТАЦИИ МАШИННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЛУКОВЫХ КУЛЬТУР

Выбор коэффициента адаптации технологии и технических средств является одним из этапов по формированию и управлению машинными технологиями возделывания сельскохозяйственных культур, и этому вопросу посвящен ряд трудов российских и зарубежных ученых [50], [121], [128], [150], [159], [185], [186].

Так как нашей задачей является сформировать наиболее эффективную машинную технологию возделывания луковых культур в сравнении с базовой (зональной) и другими вариантами технологий, важное значение при выборе коэффициента имеет возможность с его помощью провести такое сравнение. Поэтому отношение фактической урожайности, полученное при применении сформированной технологии, к потенциальной урожайности для данной почвенно-климатической зоны (2.14), показывает приспособленность (адаптивность) данной технологии к зоне возделывания и такое отношение можно принять за коэффициент адаптации технологии.

Основным сдерживающим фактором большого распространения прогнозирования урожайности на основе агротехнической оценки работы машин является отсутствие объективной информации о степени их влияния на урожай [150], [151], [185]-[187].

Исходя из вышесказанного, проведены полевые исследования по ГОСТ [41], [45], [47] и методике Доспехова [51], в ходе которых определялось влияние машин для возделывания луковых культур на урожай в условиях Пензенской (ООО «Новый урожай», тип почвы чернозем по фракционному составу средние суглинистые), и Московской областях (АО «Озёры», тип почвы дерново-подзолистые супесчаные и легкие суглинистые) в 2013-2018 гг.

Откалиброванный по размерам 10–14, 15-22, 23-30 мм в диаметре лук-севок 3 сортов, имеющих различный индекс формы плоские: «Штуттгартер

Ризен» (в ООО «Новый урожай»), округлые «Трой» и овальный: «Геркулес F1» (в АО «Озёры») высаживали на опытных участках. Предшественниками для лука-севка были в ООО «Новый урожай» ранний картофель в АО «Озёры» - капуста, кислотность почв рН 5,6–6,7. Схема посадки – однострочная 25+25+25+25+50 в трехкратной повторности. В период вегетации проводились фенологические наблюдения и биометрические измерения. Применяемое измерительное оборудование представлено в приложении А.

Таблица 2.4 – Влажность и твердость почвы по горизонтам АО «Озёры»

Повторность	Влажность на глубине слоя, %			Твердость на глубине слоя, МПа		
	Горизонты почвы, м					
	0...0,01	0,01...0,02	0,02...0,03	0...0,01	0,01...0,02	0,02...0,03
1	15,7	22,8	24,6	0,15	0,47	0,87
2	16,1	23,1	24,3	0,18	0,48	0,95
3	17,3	21,2	25,7	0,20	0,51	1,14
Среднее значение	21,6			0,57		

Почвенные условия в момент закладки экспериментов представлены в таблице 2.4 и 2.5. Значение температуры воздуха и осадков представлены в приложении Б.

Таблица 2.5 – Влажность и твердость почвы по горизонтам ООО «Новый урожай»

Повторность	Влажность на глубине слоя, %			Твердость на глубине слоя, МПа		
	Горизонты почвы, м					
	0...0,01	0,01...0,02	0,02...0,03	0...0,01	0,01...0,02	0,02...0,03
1	14,7	23,4	25,8	0,17	0,46	0,89
2	15,4	21,8	24,7	0,19	0,57	0,91
3	15,1	20,1	26,1	0,21	0,48	1,19
Среднее значение	20,7			0,56		

Характеристики посадочного материала представлены в таблице 2.6.

Варианты технологических комплексов машин для возделывания лука из севка представлены в таблице 2.7.

В таблице 2.8 представлены значения коэффициентов адаптации для различных вариантов технологии возделывания лука из севка, полученных в результате обработки проведенных экспериментов.

Таблица 2.6 – Характеристика посадочного материала

Показатель	Значение показателя		
	Штуттгартер Ризен	Трой	Геркулес F1
1. Сорт культуры			
2. Размер высаживаемой фракции, мм	15–22	15–22	15–22
3. Средняя длина вешки, мм	10		
4. Средняя масса луковицы, г	2,6	2,1	2,4
5. Объемная масса, кг/м ³	385	410	390
6. Влажность, %	15	17	16

Варианты технологий для возделывания лука-севка из семян и полученные экспериментальные значения коэффициентов адаптации представлены в приложении В.

Влияние описанных операций носит различный характер, так орошение и внесение удобрений имеет аддитивный характер, т.е. прогнозируемая урожайность с учетом этих операций определяется следующим выражением:

$$Y_p = Y_{ПК} + f(Y_{ВУ}) + f(Y_{ОР}), \quad (2.23)$$

где $Y_{ПК}$ – потенциальная урожайность сорта в рассматриваемых почвенно-климатических условиях, кг/га;

$Y_{ВУ}$ – составляющая урожая под воздействием операции по внесению удобрений, кг/га;

$Y_{ОР}$ – составляющая урожая под воздействием операции по орошению, кг/га;

При этом как показывает ряд исследований эффект от совместного применения внесения удобрений и полива на производстве луковых культур следует учитывать, как единый эффект от двух факторов [52], [173], т.е.:

$$Y_p = Y_{ПК} + f(Y_{ВУ}Y_{ОР}). \quad (2.24)$$

Таблица 2.7 – Схемы закладываемых экспериментов на возделывании репчатого лука из севка

Наименование операций	Контроль - округлые луковицы (штутгартен) на легких (песчаных) почвах	Вариант с оборотным плугом	Вариант с горизонтально-фрезерным культиватором	Вариант со стрельчатым культиватором	Вариант с решетной сортировальной машиной (СМ)	Вариант с барабанной СМ	Вариант с вибрационно-пневматическим(ВП) ВА	Вариант с катушечной-вильчатой м(КВ) ВА	Вариант с дождевальным орошением	Вариант с капельным орошением
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Основная обработка почвы	К-744 +ПЛН-8-35	К-744 + ППО-8-35	К-744 +ПЛН-8-35	К-744 +ПЛН-8-35	К-744 +ПЛН-8-35	К-744 +ПЛН-8-35	К-744 +ПЛН-8-35	К-744 +ПЛН-8-35	К-744 +ПЛН-8-35	К-744 +ПЛН-8-35
Предпосадочная обработка почвы	JohnDeer + культиватор вертикально-фрезерный;	JohnDeer + культиватор вертикально-фрезерный;	горизонтально-фрезерный	культиватор со стрельчатыми лапами КПС-4	JohnDeer + культиватор вертикально-фрезерный;	JohnDeer + культиватор вертикально-фрезерный;	JohnDeer + культиватор вертикально-фрезерный;	JohnDeer + культиватор вертикально-фрезерный;	JohnDeer + культиватор вертикально-фрезерный;	JohnDeer + культиватор вертикально-фрезерный;
Калибрование посадочного материала	Роликовая СМ	Роликовая СМ	Роликовая СМ	Роликовая СМ	решетная СМ	барабанная СМ	Роликовая СМ	Роликовая СМ	Роликовая СМ	Роликовая СМ

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Посадка	МТЗ-82+посадочная машина (ПМ) с ленточным высаживающим аппаратом (ВА) WIFO 1,5 м	МТЗ-82+посадочная машина (ПМ) с ленточным высаживающим аппаратом (ВА) WIFO 1,5 м	МТЗ-82+посадочная машина (ПМ) с ленточным высаживающим аппаратом (ВА) WIFO 1,5 м	МТЗ-82+посадочная машина (ПМ) с ленточным высаживающим аппаратом (ВА) WIFO 1,5 м	МТЗ-82+посадочная машина (ПМ) с ленточным высаживающим аппаратом (ВА) WIFO 1,5 м	МТЗ-82+посадочная машина (ПМ) с ленточным высаживающим аппаратом (ВА) WIFO 1,5 м	<i>ПМ с ВП ВА 1,5 м</i>	<i>ПМ с КВ ВА 1,5 м</i>	МТЗ-82+посадочная машина (ПМ) с ленточным высаживающим аппаратом (ВА) WIFO 1,5 м	МТЗ-82+посадочная машина (ПМ) с ленточным высаживающим аппаратом (ВА) WIFO 1,5 м
Внесение удобрений	МТЗ-82+Разбрасыватель навесной	МТЗ-82+Разбрасыватель навесной	МТЗ-82+Разбрасыватель навесной	МТЗ-82+Разбрасыватель навесной	МТЗ-82+Разбрасыватель навесной					
Внесение средств защиты растений (СЗР)	МТЗ-82+Навесной опрыскиватель, 24 м	МТЗ-82+Навесной опрыскиватель, 24 м	МТЗ-82+Навесной опрыскиватель, 24 м	МТЗ-82+Навесной опрыскиватель, 12 м	МТЗ-82+Навесной опрыскиватель, 24 м	МТЗ-82+Навесной опрыскиватель, 24 м	МТЗ-82+Навесной опрыскиватель, 24 м	МТЗ-82+Навесной опрыскиватель, 24 м	МТЗ-82+Навесной опрыскиватель, 24 м	МТЗ-82+Навесной опрыскиватель, 24 м
Орошение	Не орошаемое	Не орошаемое	Не орошаемое	Орошение дождеванием ДДА	Капельное орошение					

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Урожайность, т/га (Среднее по трем повторностям)	210	214	204	192	207	203	253	244	367	380
Среднеквадратичное отклонение	15	20	17	16	21	17	19	18	25	29
Коэффициент адаптации, Вариант N/контроль	1	1,02	0,97	0,91	0,99	0,97	1,2	1,16	1,75	1,81

Таблица 2.8 – Значения коэффициентов адаптации для различных вариантов технологии возделывания лука из севка

Наименование операций	Вариант технологии 1	Коэф. адаптации операций	Вариант технологии 2	Коэффициент адаптации операции	Вариант технологии 3	Коэф. адаптации операций	Вариант технологии 4	Коэффициент адаптации операции	Вариант технологии 5	Коэф.адаптации операции
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Основная обработка почвы	К-744 +ПЛН-8-35	1	К-744 + ППО-8-35	1,02	К-744 +ПЛН-8-35	1	К-744 + ППО-8-35	1,02	К-744 + ППО-8-35	1,02
Предпосадочная обработка почвы	JohnDeer+горизонтально-фрезерный; 6 м.	1,2	JohnDeer + культиватор вертикально-фрезерный; 6 м.	1,16	культиватор со стрельчатыми лапами КПС-4	0,9	JohnDeer+культиватор вертикально-фрезерный; 6 м.	1	JohnDeer+культиватор горизонтально-фрезерный 6 м.	0,97
Калибрование посадочного материала	Роликовая СМ		решетная СМ		барабанная СМ		Роликовая СМ		Роликовая СМ	
Посадка	ПМ с ВП ВА 1,5 м		МТЗ-82+ ПМ с КВ ВА 1,5 м		МТЗ-82+посадочная машина (ПМ) с ленточным высаживающим аппаратом (ВА) WIFO 1,5 м		МТЗ-82+посадочная машина (ПМ) с ленточным высаживающим аппаратом (ВА) WIFO		МТЗ-82+посадочная машина (ПМ) с ленточным высаживающим аппаратом (ВА) WIFO 1,5 м	

Продолжение таблицы 2.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Внесение удобрений	МТЗ-82+Разбрасыватель навесной	1								
Внесение средств защиты растений (СЗР)	МТЗ-82+Навесной опрыскиватель, 24 м	1								
Орошение	Орошение дождеванием ДДА	1,7 5	Капельное орошение	1,8 1	Орошение дождеванием ДДА	1,7 5	Капельное орошение	1,8 1	Не орошаемое	1
Факт. урожайность, ц/га (Среднее по трем повтор.)	376		390		327		382		208	
Расч. урожайность по коэф. адаптации, ц/га	390		398		330		366		194	
Разница расчетной и фактической, ц/га (%)	14 (3,7)		8(2,0)		3 (0,9)		16 (4,1)		14 (6,7)	
Коэф. адаптации, технологии		1,9 5		1,9 9		1,6 5		1,8 3		0,9 7

Функция суммарного влияния внесения удобрений и орошения носит сложный характер для ее формализации, поэтому определяется по результатам экспериментальных исследований и связана с коэффициентом адаптации следующим выражением:

$$f(Y_{\text{ВУ}}Y_{\text{ОР}}) = \Delta Y_{\text{р}}^{\text{ВУ(ОР)}} = (k_{\text{а}}^{\text{ВУ(ОР)}} - 1)Y_{\text{ПК}}, \quad (2.25)$$

где $\Delta Y_{\text{р}}^{\text{ВУ(ОР)}}$ - изменение урожайности под воздействием операций по внесению удобрений и орошению, кг/га;

$k_{\text{а}}^{\text{ВУ(ОР)}}$ – коэффициент адаптации операций по внесению удобрений и орошению к почвено-климатическим условиям.

Технологические операции по подготовке почвы, калиброванию и посадке носят мультипликативный эффект, при этом, как показывают наши исследования, калибрование и посадка являются взаимозависимыми и должны оцениваться одним коэффициентом, а на посевах семян чернушки подготовка почвы и посев также взаимозависимы, и также оцениваются совместно, то есть для технологий возделывания семян и репчатого лука из севка справедливо выражение:

$$f(Y_{\text{СОП}}Y_{\text{ПОС}}) = \Delta Y_{\text{р}}^{\text{СОП(ПОС)}} = (k_{\text{а}}^{\text{СОП(ПОС)}} - 1)Y_{\text{ПК}}, \quad (2.26)$$

где $\Delta Y_{\text{р}}^{\text{СОП(ПОС)}}$ - изменение урожайности под воздействием операций по калиброванию и посадки, кг/га;

$k_{\text{а}}^{\text{СОП(ПОС)}}$ – коэффициент адаптации операций по калиброванию и посадки к возделываемому сорту.

Для возделывания лука-севка соответственно справедливо следующее выражение:

$$f(Y_{\text{ПП}}Y_{\text{ПС}}) = \Delta Y_{\text{р}}^{\text{ПП(ПС)}} = (k_{\text{а}}^{\text{ПП(ПС)}} - 1)Y_{\text{ПК}}. \quad (2.27)$$

Тогда расчетное значение урожайности с учетом формул (2.23) - (2.27) для семян луковых, репчатого лука и лука-севка соответственно:

$$Y_{\text{р}} = Y_{\text{ПК}} + Y_{\text{ПК}} \sum_1^n (k_{\text{а}}^{\text{м}} - 1) = Y_{\text{ПК}} (1 + \sum_1^n (k_{\text{а}}^{\text{м}} - 1)); \quad (2.28)$$

где n – количество учитываемых операций, шт;

m – наименование учитываемой операции.

Расчетное значение урожая по формуле (2.28) можно представить в виде многогранника (рисунок 2.5), где впадины на верхней грани отображают лимитирующие операции для достижения потенциальной урожайности.

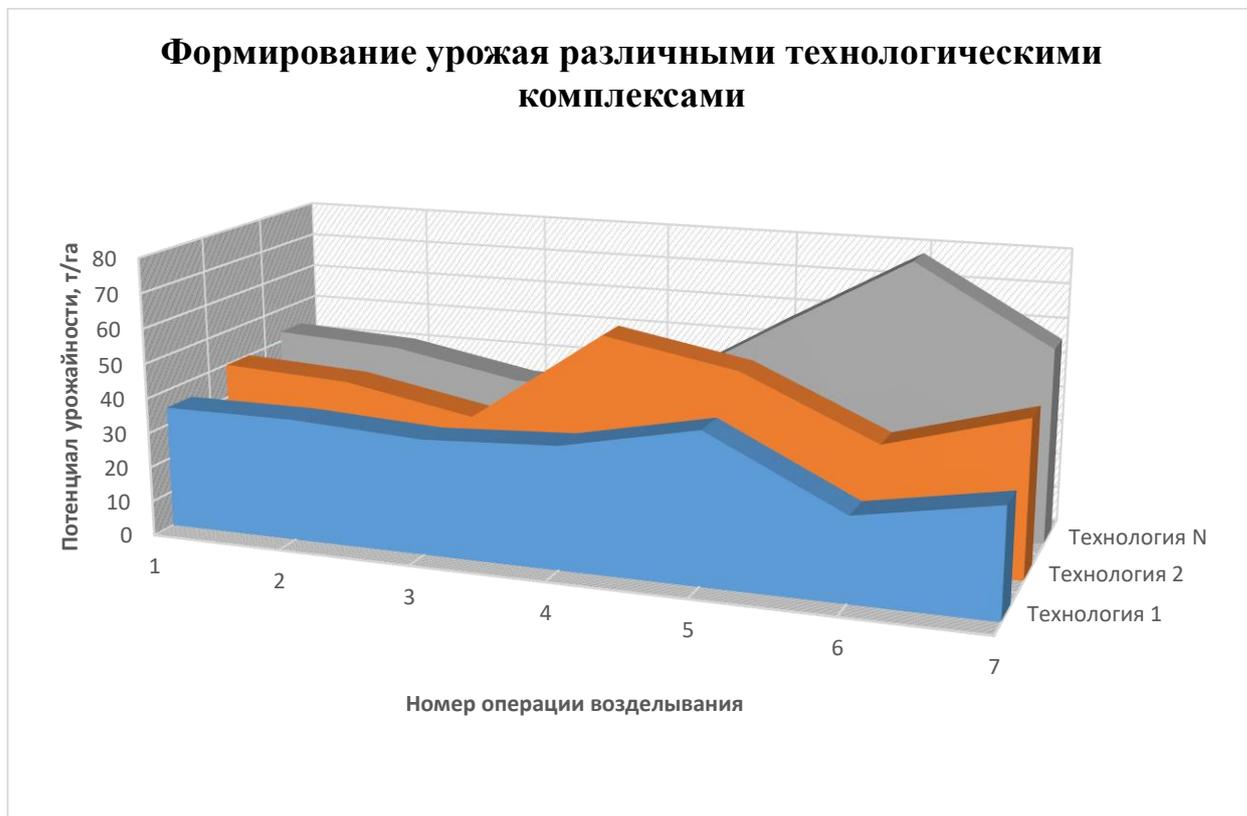


Рисунок 2.5 – Визуализация расчетной урожайности лука

2.3 СОРТОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЛУКОВЫХ КУЛЬТУР И ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ЗОНЫ ИХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

По состоянию на 2019 г. в государственном реестре селекционных достижений (далее госсортреестр), допущенных к использованию в РФ, насчитывается 381 сорт репчатого лука [198]. Начиная с 2005 года резко возросло количество сортов, вносимых в реестр, и особенно выросла регистрация гибридов. В период с 2006 по 2010 гг. количество зарегистрированных гибридов превосходило количество сортов в 2 раза, в период с 2011 по 2016 гг. внесено в реестр 98 сортов и 101 гибрид. Такое резкое

увеличение количества регистрируемых сортов объясняется приходом на российский рынок семян овощных культур большого количества зарубежных семеноводческих фирм [15], [122].

Особенно следует обратить внимание на форму луковиц (в продольном сечении) вновь регистрируемых сортов. Если до 2000 г. преобладала плоскоокруглая форма луковиц, на долю которой приходилось до 80% сортов, в период с 2000 по 2011 гг. резко возросло количество сортов с округлой формой и начался рост сортов с овальной формой луковиц, который продолжается до настоящего времени, причем среди овальных луковиц существует еще ряд разновидностей форм, которые представлены на рисунке 2.6.

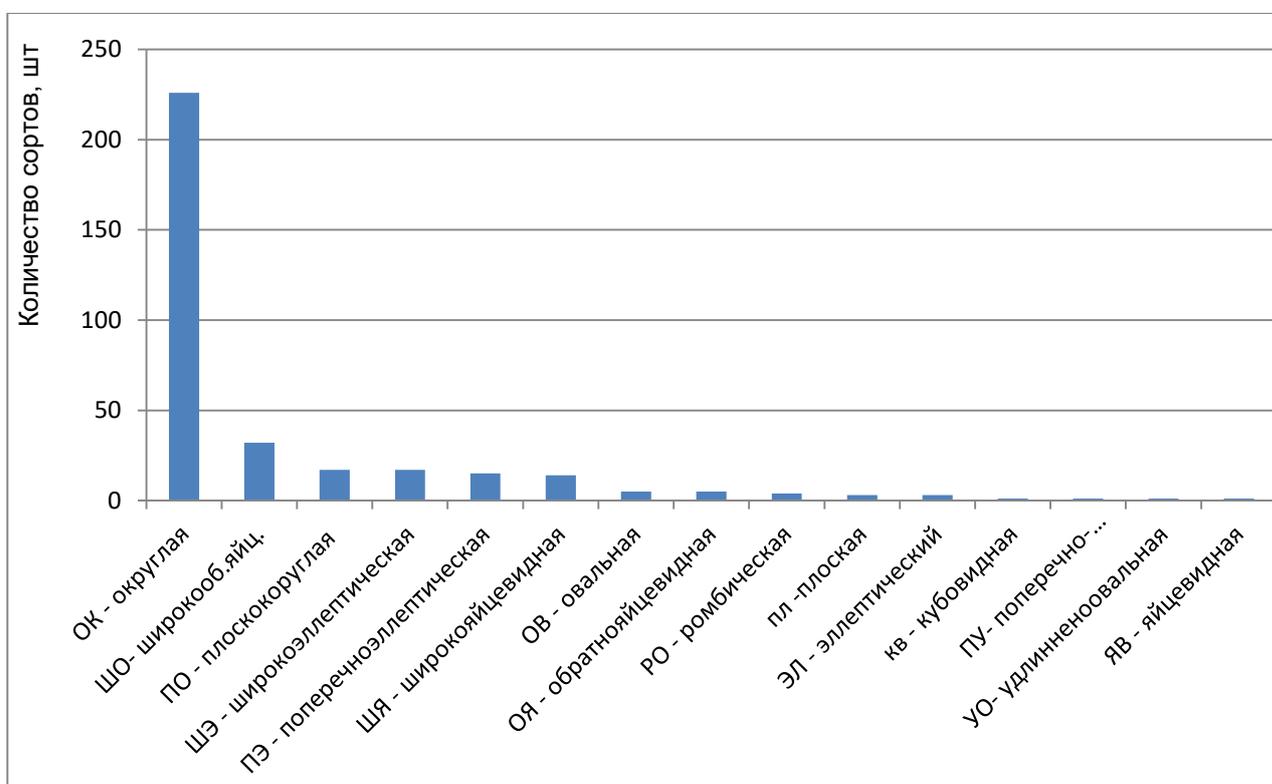


Рисунок 2.6 – Структура Госреестра РФ лука репчатого по формам луковиц

Таким образом, насчитывается 15 различных форм, при этом на округлые формы (округлая, ромбическая, кубовидная) приходится 67% (233) сорта), на овальные (широкообратнойцевидная, широкоэллиптическая, поперечноэллиптическая, широкояйцевидная, овальная, обратнойцевидная, эллиптическая, яйцевидная и др.) – 28% (99 сортов), а на плоскоокруглую –

только 5% [16], [122]. Однако именно плоскоокруглый сорт Штуттгартер Ризен является наиболее распространенным и на него приходится до 50 % всего производства репчатого лука из севка, также популярны сорта овальной формы Геркулес, Центурион, Стурон, Радар и другие.

Исследование основных свойств луковиц лука-севка сортов «Штуттгартер Ризен» и «Геркулес F1»

Физико-механические свойства луковиц определяют конструкции машин на калибровании и посадки луковиц. Форма луковицы при этом определяет: форму рабочих органов высаживающего аппарата, возможность ориентирования, сохранение устойчивого положения, количество переходов при ориентировании [4], [5], [6], [111].

В исследованиях физических параметров луковиц лука-севка определяли: форму, размер и массу. Луковицы взвешивали на электронных весах с точностью до 2 мг [16], [65], [115], [122].

Форма луковицы оценивается индексом формы и определяется по соотношению высоты $H_{л}$ к диаметру $D_{л}$ луковицы [98]:

$$i_{л} = H_{л} / D_{л}. \quad (2.29)$$

По значению индекса формы выделяют 5 групп луковиц: плоская ($i = H_{л}/D_{л} = 0,4 \dots 0,7$); округло-плоская ($i = H_{л}/D_{л} = 0,7 \dots 0,85$); округлая ($i = H_{л}/D_{л} = 0,85 \dots 1,1$); овальная ($i = H_{л}/D_{л} = 1,1 \dots 1,5$); веретенообразная ($i = H_{л}/D_{л} > 1,5$) [98].

Кроме высоты и диаметра луковиц, определяли высоту и диаметр вешки (сухих листьев) луковиц. Измерения проводились по известным методикам и приборами обеспечивающих точность измерения, равную 0,02 мм [16], [65], [76], [85].

Результаты исследований размерно-массовых характеристик луковиц лука-севка представлены в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Основные результаты измерений размерно-массовых характеристик лука-севка сортов «Штуттгартер Ризен» и «Геркулес F1»

Характеристики луковиц лука-севка	Плоскоокруглый сорт «Штуттгартер Ризен»	Овальный сорт «Геркулес F1»
1. Масса луковиц, г	1,2...9,2	1,1...9,9
<i>среднее значение, г</i>	4,1	3,4
<i>коэф. вариации, %</i>	44,7	26,9
2. Высота луковиц, мм	8,9...32,3	15,8...33,8
<i>среднее значение, мм</i>	19,8	27
<i>коэф. вариации, %</i>	27,9	32,4
3. Диаметр луковиц, мм	8,6...33,4	10,8...29,1
<i>среднее значение, мм</i>	20,2	19,3
<i>коэф. вариации, %</i>	32,6	24,8
4. Высота вешки, мм	2,6...18,8	3,1...11,1
<i>среднее значение, мм</i>	11,6	7,3
<i>коэф. вариации, %</i>	37,4	28,4
5. Диаметр вешки, мм	2,2...6,0	2,8...4,4
<i>среднее значение, г</i>	4,2	3,5
<i>коэф. вариации, %</i>	27,	21,4
6. Индекс формы	0,82...1,1	1,05...1,6
<i>среднее значение</i>	0,96	1,4
<i>коэф. вариации, %</i>	12,4	22,4

Почвенно-климатические зоны возделывания луковых культур на территории Российской Федерации

В ходе многолетних исследований и наблюдений за ростом и развитием луковых культур и влияния на них почвенно-климатических условий, многими учеными определены наиболее благоприятные условия их произрастания. Они включают в себя следующие основные характеристики [24], [52], [98], [154], [173]:

- продолжительность светового дня 14-16 часов;
- почвы легкосуглинистые и супесчаные с высоким содержанием гумуса, реакция рН 6,0-7,0;
- расход воды на 1 тонну продукции 50-70куб.м.;

- оптимальный гидротермический коэффициент (ГТК) 1,5;
- сумма активных температур (в градусах):
 - 1) на лук-севок 1200-1400;
 - 2) из лука-севка на репку 1200-1500;
 - 3) из семян 1500-1700.

С учетом этих характеристик и их количественных значений рассмотрены существующие зоны возделывания луковых культур на территории РФ с целью формирования для каждой предпочтительную (наилучшую) технологию возделывания луковых культур. Для этого использованы карты агроклиматического районирования, почв и среднегодовых осадков РФ [197].

Наиболее благоприятными по рассмотренным факторам являются восемь зон возделывания луковых культур. К ним отнесены (с севера на юг): Северо-западная, Волго-Вятская, Центральная, Центрально-черноземная, Средневолжская, Нижневолжская, Северо-кавказская, Южная зоны. Наименования указаны в соответствии с классификацией Госсортецентра РФ.



Рисунок 2.18 – Карта агроклиматического районирования России

Северо-западная зона включает в себя южные части Ярославской и Ивановской областей. Местные старорусские сорта традиционно выращиваемые здесь - «Даниловский 301» (фиолетовый) плоскоокруглой формы среднеспелый и «Ростовский репчатый местный» плоскоокруглой формы раннеспелый. Данная зона расположена в зоне смешанного леса. Преобладающие почвы здесь, дерново-подзолистые с низким содержанием фосфора и азота, и бурые, обогащенные питательными элементами, по гранулометрическому составу от среднесуглинистых до песчаных. Слой гумуса большой. Сумма активных температур (выше 10 градусов) около 1800 градусов, при этом на период вегетации луковых приходится до 1400 градусов. Среднегодовое количество от 500 до 700 мм, а ГТК более 1,5 [154], [197].

С учетом описанных характеристик наиболее предпочтительными технологиями производства луковых культур в Северо-западной зоне являются: возделывание лука-севка и лука-репки из лука-севка на богаре или с искусственным орошением.

Волго-Вятская зона включают в себя южную часть Нижегородской области и Республику Чувашия. Местный старорусский сорт, традиционно выращиваемый здесь «Арзамасский местный» - кубовидной формы, среднеспелого созревания. Данная зона расположена в лесостепи и смешанном лесу, преобладающие почвы здесь серые лесные и дерново-подзолистые с низким содержанием фосфора и азота, по гранулометрическому составу от среднесуглинистых до песчаных. Слой гумуса большой. Сумма активных температур выше 10 градусов около 1900 градусов, при этом на период вегетации луковых культур приходится до 1500 градусов, среднегодовое количество осадков от 500 до 600 мм, а ГТК в пределах от 1,2 до 1,5, вероятность засухи 20 % [154], [197].

С учетом описанных характеристик, наиболее предпочтительными технологиями производства луковых культур в Волго-Вятской зоне являются: возделывание лука-севка и лука-репки из лука-севка с искусственным орошением или на богаре.

Центральная зона включает в себя юг Московской области центр и север Рязанской области, а также нечерноземную подзону: Брянскую, Смоленскую, Калужскую и Московскую области. Местные старорусские сорта, традиционно выращиваемые здесь «Спасский местный» - плоской формы среднеспелый и «Мячковский 300» - плоскоокруглой формы раннеспелый, а в нечерноземной подзоне «Погарский местный» - плоскоокруглой формы раннеспелый.

Данная зона расположена в лесостепи и смешанном лесе, преобладающие почвы здесь серые лесные, дерново-подзолистые с низким содержанием фосфора и азота, по гранулометрическому составу от среднесуглинистых до песчаных. Слой гумуса большой. Сумма активных температур (выше 10 градусов) около 2000 градусов, при этом на период вегетации луковых культур приходится до 1600 градусов, среднегодовое количество осадков от 500 до 600 мм в нечерноземной подзоне до 700 мм, а ГТК в пределах от 1,2 до 1,4, вероятность засухи 20 % [154], [197].

С учетом описанных характеристик, наиболее предпочтительными технологиями производства луковых культур в Центральной зоне являются: возделывание лука-севка и лука-репки из лука-севка с искусственным орошением или на богаре.

Средневолжская зона включает в себя северо-запад и центр Пензенской области, юго-западные районы республик Мордовия и Татарстан. Местный старорусский сорт, традиционно выращиваемый здесь «Бессоновский местный» - плоскоокруглой формы, раннего созревания. Данная зона расположена в лесостепи и преобладающие почвы здесь черноземные и серые лесные, по гранулометрическому составу от среднесуглинистых до песчаных. Слой гумуса большой, при этом минерализация замедлена. Сумма активных температур (выше 10 градусов) около 2100-2200 градусов, при этом на период вегетации луковых культур приходится до 1700 градусов, среднегодовое количество от 400 до 500 мм, а ГТК в пределах от 1,1 до 1,3, вероятность засухи 25 % [154], [197].

С учетом описанных характеристик, наиболее предпочтительными технологиями производства луковых культур в Средневолжской зоне являются: возделывание лука-севка и лука-репки из лука-севка с искусственным орошением.

Центрально-черноземная зона включает в себя Курскую, Белгородскую, Воронежскую Тамбовскую области. Местный старорусский сорт, традиционно выращиваемый здесь «Стригуновский местный» - округлой формы раннего созревания. Данная зона расположена в лесостепи, и преобладающие почвы здесь черноземные, по гранулометрическому составу от среднесуглинистых до песчаных. Слой гумуса большой, при этом минерализация замедлена. Сумма активных температур (выше 10 градусов) около 2200-2400 градусов, при этом на период вегетации луковых культур приходится до 1800 градусов, среднегодовое количество осадков от 400 до 500 мм, а ГТК в пределах от 1,1 до 1,3, вероятность засухи 25 % [154], [197].

С учетом описанных характеристик, наиболее предпочтительными технологиями производства луковых культур в Центрально-черноземной зоне являются: возделывание лука-репки из лука-севка и из семян с искусственным орошением.

Северо-кавказская зона включает в себя Дагестан, Ростовскую область, Ставропольский и Краснодарский край. Местный старорусский сорт, традиционно выращиваемый здесь «Каратальский» - округлой формы, раннеспелый.

Данная зона расположена в степи, и преобладающие почвы здесь темно-каштановые, обыкновенный и малогумусный чернозем. Несмотря на малое содержание гумуса в почве, питательных веществ содержится в достаточном количестве. По гранулометрическому составу от среднесуглинистых до песчаных. Сумма активных температур (выше 10 градусов) достигает 3000 градусов, при этом на период вегетации луковых культур приходится до 2000 градусов, среднегодовое количество осадков от 400 до 500 мм, а ГТК в пределах от 0,5 до 1,0, вероятность засухи до 50 % [154], [197].

С учетом описанных характеристик наиболее предпочтительными технологиями производства луковых культур в Северо-кавказской зоне являются: возделывание лука-репки из лука-севка и из семян с искусственным орошением, как традиционно в яровой культуре, так и в озимой. Также данная зона подходит для производства семян-чернушки.

Нижневолжская зона включают в себя Астраханскую и Волгоградскую Саратовскую области и юг Пензенской области. Местный старорусский сорт, традиционно выращиваемый здесь «Луганский» - округлой формы, позднеспелый.

Данная зона расположена в степи и полупустыне, почвы здесь преобладают каштановые с малым содержанием гумуса. Из-за недостаточного увлажнения происходит накопление солей, поэтому встречаются солончаки. В нижних слоях присутствует гипс. По гранулометрическому составу от легкосуглинистых до песчаных. Сумма активных температур (выше 10 градусов) достигает 3500 градусов, при этом на период вегетации луковых культур приходится более 2000 градусов, среднегодовое количество осадков не превышает 400, а ГТК ниже 0,5, вероятность засухи до 70 % [154], [197].

С учетом описанных характеристик, наиболее предпочтительными технологиями производства луковых культур в Нижневолжской зоне являются: возделывание лука-репки из семян только с искусственным орошением.

Южная зона включает в себя степную часть Республики Крым. Местные старорусские сорта, традиционно выращиваемые здесь «Ялтинский» и «Крымский» - плоской формы среднеспелые.

Данная зона расположена в степи, и преобладающие почвы здесь темно-каштановые, обыкновенные и малогумусные черноземы, с высоким содержанием питательных веществ. По гранулометрическому составу от среднесуглинистых до песчаных. Сумма активных температур (выше 10 градусов) достигает 3000 градусов, при этом на период вегетации луковых культур приходится более 2000 градусов, среднегодовое количество осадков от

400 до 500 мм, а ГТК в пределах от 0,5 до 1,0, вероятность засухи до 50 % [154], [197].

С учетом описанных характеристик, наиболее предпочтительными технологиями производства луковых культур в Южной зоне являются: возделывание лука-репки из лука-севка и из семян с искусственным орошением, как традиционно в яровой культуре, так и в озимой. Также данная зона подходит для производства семян-чернушки.

Для наглядности характеристики благоприятных зон возделывания представлены в таблице 2.10.

Таблица 2.10 - Характеристика благоприятных зон возделывания луковых культур

Условия зоны возделывания луковых культур	Северо-западная	Волго-Вятская	Центральная	Средне-волжская	Центрально-черноземная	Северо-кавказская	Нижне-волжская	Южная
Тип почвы	Дерново-подзолистые и бурые	Серые лесные и дерново-подзолистые	Серые лесные и дерново-подзолистые	Чернозем и серые лесные,	Чернозем, слой гумуса большой	Темно-каштановые, обыкновенный чернозем	Каштановые, малогумусовые	Темно-каштановые, обыкновенный чернозем
Сумма активных температур	1800 (1400)	1900 (1500)	2000 (1600)	2150 (1700)	2300 (1800)	3000 (2000)	3500 (более 2000)	3000 (2000)
Количество осадков	500-700	500-600	500-600	400-500	400-500	400-500	менее 400	400-500
ГТК	более 1,5	1,2...1,5	1,2...1,4	1,1...1,3	1,1...1,3	0,5...1,0	менее 0,5	0,5...1,0
Предпочтительная культура	Лук-севок	Лук-севок	Лук-севок репка из лука-севка	Лук-севок, репка из лука-севка	Репка из лука-севка, чернушка.	Репка из семян, репка из лука-севка, чернушка	Репка из семян	Репка из семян, репка из лука-севка, чернушка
Орошение полей	Возможно	Рекомендуется	Рекомендуется	Необходимо	Необходимо	Обязательно	Обязательно	Обязательно

2.4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МАШИННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛУКОВЫХ КУЛЬТУР

Для сравнения и выбора варианта технологии возделывания луковых культур разработана компьютерная программа «Программа подбора оптимальной машинной технологии возделывания луковых культур» свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2018619692 от 11.07.2018 (Приложение Г). Программа написана в среде Delphi, работа в ней происходит в режиме диалоговых окон [158].

Для начала работы необходимо в главном меню этой программы (рисунок 2.21) войти в настройки и внести базовую информацию по следующим блокам: технологии (возделываемая культура), операции, свойства семян (форма), тип почв, значения потенциальной урожайности сортов (из Госсортирестра), удельные энергозатраты машин, значения коэффициентов адаптации для машин (таблица 2.8-2.9).

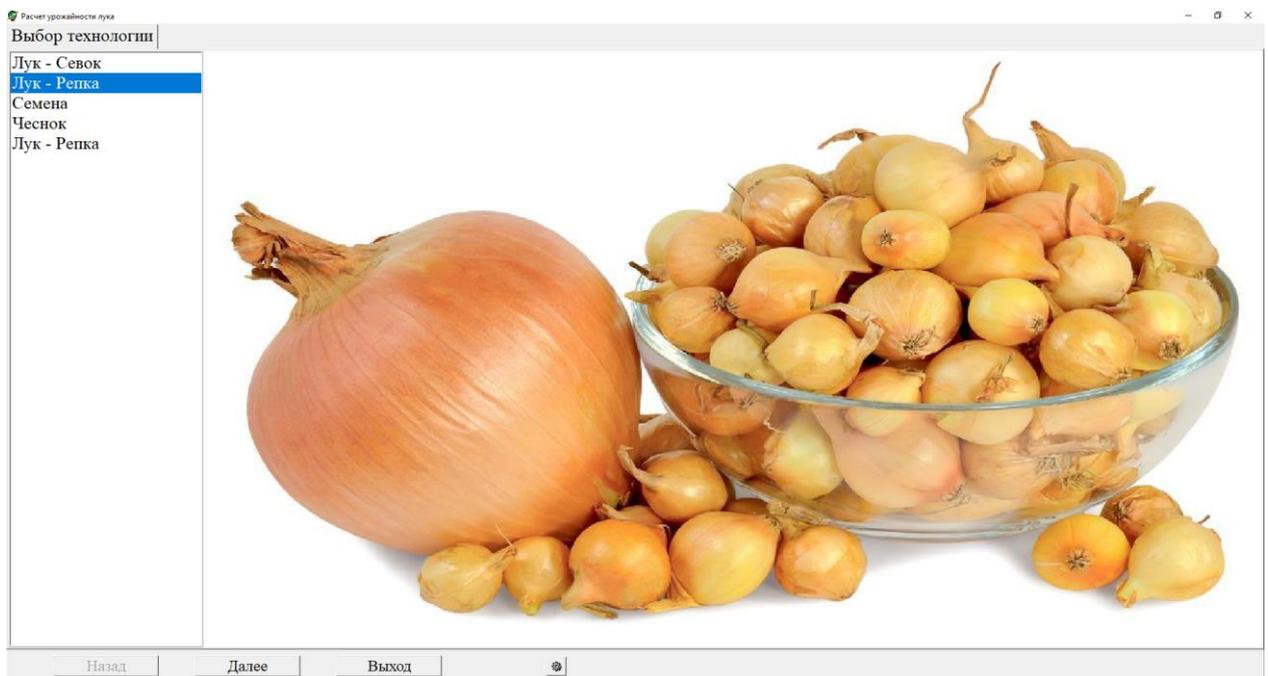


Рисунок 2.21 – Главное меню программы «Программа подбора оптимальной машинной технологии возделывания луковых культур»

После этого в строке категории выбрать пункт «Технологии», в строке «Название» внести информацию о возделываемых культурах, в программе внесены лук-севок; семена; чеснок; лук-репка из севка и из семян.

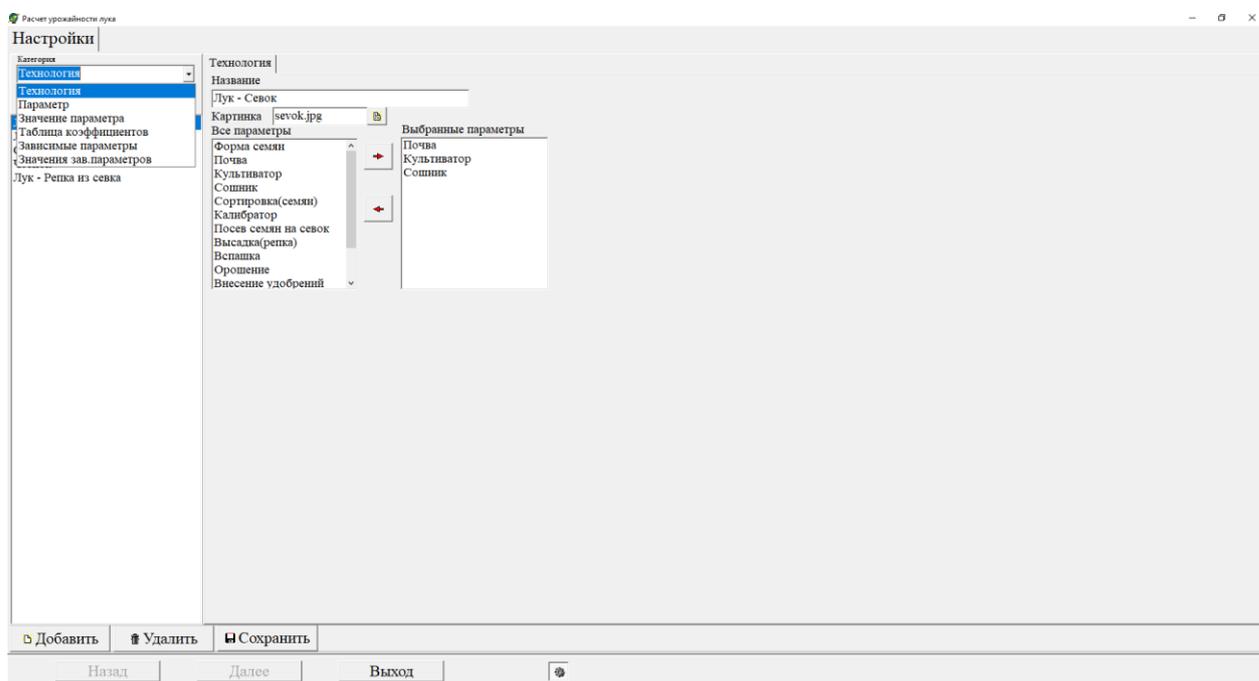


Рисунок 2.22 – Диалоговое окно «Технологии»

Аналогичным образом заполняем информацию по категориям «Параметры», «Значение параметра», «Значения коэффициентов», «Зависимые параметры», «Значения зависимых параметров».

Далее, выбрав технологию, которую мы хотим сформировать - в окне «Все параметры» появится список со всеми операциями, по которым можно сравнивать технологии и которые были введены ранее в категории «Параметры». Операции с помощью стрелки перемещаются в окно «Выбранные параметры» и обратной стрелкой их можно удалять из выбранных параметров. Таким же образом вносим операции для остальных луковых культур. Проведя все настройки, сохраняем внесенные изменения (рисунок 2.22).

Для формирования машинной технологии возвращаемся в главное меню выбираем название производимой луковой культуры и нажимаем кнопку «Далее».

Последовательно, в открывающихся диалоговых окнах (рисунок 2.23) с сортами, типами почв и операциями задаем их параметры, в зависимости от поставленной задачи, для формирования или сравнения машинных технологий возделывания луковых культур. Если используется несколько сортов, то указывается процентное соотношение каждого сорта.

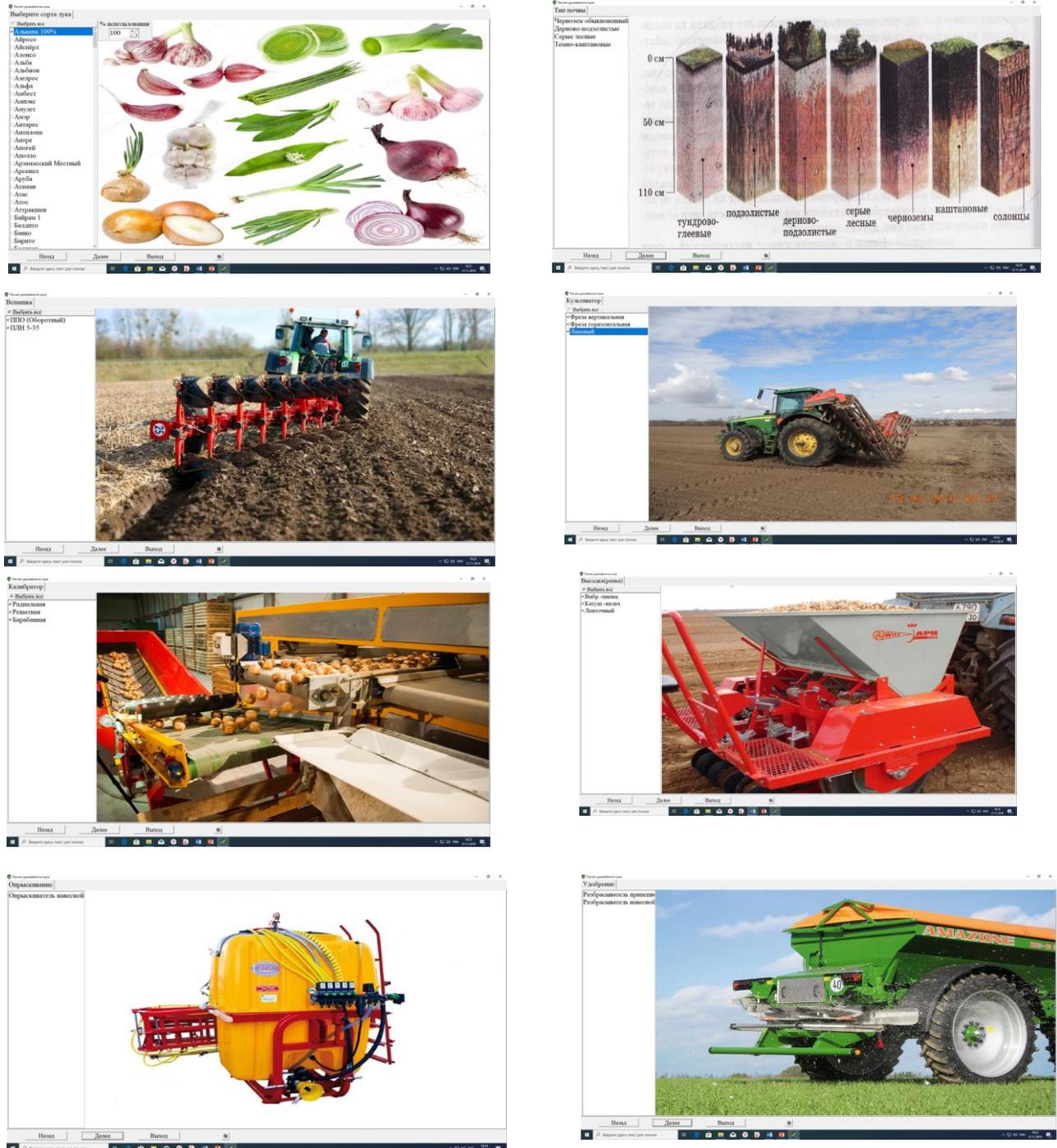


Рисунок 2.23 – Диалоговые окна с набором машин по различным операциям

В итоговом окне (рисунок 2.24) выпадает перечень всех возможных сочетаний с указанием прогнозной урожайности.

Расчет урожайности лука

Результат расчета

Критерий выбора

- Урожайность
- Доп.расходы
- Доход

Калибратор: Радиальная; Решетная; Барабанная;
 Высадка(репка): Вибр.-пневм.; Катущ.-вилыч.; Ленточный;
 Опрыскиватель: Опрыскиватель навесной 24 м

План. урожайность, кг/га 40000 Цена эл.энергии, руб/кВт 4.2
 Стоимость 1кг, руб 10 Цена топлива, руб/кг 44.0
 Норма высева, кг/га 1000

Округлые	Чернозем обыкн	Разбрасыватель	ПППО (Оборотны	Фреза вертикалы	Радиальная	Вибр.-пневм.	Опрыскиватель	48060.00
Округлые	Чернозем обыкн	Разбрасыватель	ПППО (Оборотны	Фреза вертикалы	Решетная	Вибр.-пневм.	Опрыскиватель	47526.00
Округлые	Чернозем обыкн	Разбрасыватель	ПППО (Оборотны	Фреза вертикалы	Барабанная	Вибр.-пневм.	Опрыскиватель	46458.00
Округлые	Чернозем обыкн	Разбрасыватель	ПППО (Оборотны	Фреза вертикалы	Радиальная	Катущ.-вилыч.	Опрыскиватель	45924.00
Округлые	Чернозем обыкн	Разбрасыватель	ПППО (Оборотны	Фреза вертикалы	Решетная	Катущ.-вилыч.	Опрыскиватель	45123.00
Округлые	Чернозем обыкн	Разбрасыватель	ПППО (Оборотны	Фреза вертикалы	Радиальная	Ленточный	Опрыскиватель	44856.00
Округлые	Чернозем обыкн	Разбрасыватель	ПППО (Оборотны	Фреза вертикалы	Барабанная	Катущ.-вилыч.	Опрыскиватель	44322.00
Округлые	Чернозем обыкн	Разбрасыватель	ПППО (Оборотны	Фреза вертикалы	Решетная	Ленточный	Опрыскиватель	40584.00
Округлые	Чернозем обыкн	Разбрасыватель	ПППО (Оборотны	Фреза вертикалы	Барабанная	Ленточный	Опрыскиватель	39516.00

Рисунок 2.24 – Диалоговое окно «Результат расчета»

Для расчета и сравнения дополнительных расходов и доходов по каждой технологии необходимо в диалоговом окне «Результат расчета» внести информацию о норме высева, планируемой урожайности, ценах на энергоносители и стоимость готовой продукции.

2.5 ВЫВОДЫ

1. Определен и обоснован коэффициент адаптации машинных технологий возделывания луковых культур, представляющий собой отношение фактической урожайности, полученной при применении сформированной технологии, к потенциальной урожайности для зональной технологии заданной почвенно-климатической зоны (2.14), который показывает приспособленность (адаптивность) сформированной технологии к зоне возделывания.

2. Разработаны метод и модель проектирования наиболее эффективных адаптивных машинных технологий возделывания луковых культур в заданных условиях, основанные на элементах теории динамического программирования,

позволяющие обосновано принять решение при выборе машин по основным операциям, включающие в себя следующие этапы:

- формирование цели управления - достижение максимальной урожайности заданного качества при минимальных затратах в установленные агросроки;

- выбор объекта управления для достижения цели - машинная технология возделывания луковых культур, которая оценивается коэффициентом адаптации, зависящего от состава применяемых машин;

- построение структуры модели управления в виде матрицы с экспериментальными значениями коэффициентов адаптации для разных технологий;

- определение параметров модели – значений коэффициентов адаптации, которые установлены в результате экспериментальных исследований, а также протоколов испытаний МИС и внутривладельческих сведений о показателях качества работы машин (таблица 2.8-2.9);

- синтез предложенной модели формирования реализуется методом динамического программирования и рекуррентной последовательностью (2.20) а расчетная урожайность для сформированной технологии определяется по выражению (2.28);

- проектирование машинной технологии реализуется с помощью разработанной программы «Программа подбора оптимальной машинной технологии возделывания луковых культур»

3. Разработана компьютерная программа «Программа подбора оптимальной машинной технологии возделывания луковых культур» (свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2018619692 от 11.07.2018.), позволяющая реализовать в автоматическом режиме сравнение вариантов технологий возделывания луковых культур по заданным параметрам.

4. Определены основные формы и размерно-массовые характеристики сортов лука, которые включены в госсортреестр РФ. А именно 15 различных форм луковиц, при этом на округлую форму (округлая, ромбическая,

кубовидная) приходится 67% (233 сорта), на овальные (широкообратнойцевидная, широкоэллиптическая, поперечноэллиптическая, широкойцевидная, овальная, обратнойцевидная, эллиптическая, яйцевидная и др.) – 28% (99 сортов), а на плоскоокруглую – только 5%. Плоскоокруглый сорт «Штутгартен Ризен» является наиболее распространенным и на него приходится до 50 % всего производства репчатого лука из лука-севка, также популярны сорта овальной формы «Геркулес F1», поэтому определены размерно-массовые характеристики этих сортов.

5. Выделены наиболее благоприятные зоны возделывания луковых культур и описаны их характеристики, в соответствии с которыми каждая зона имеет свое товарно-хозяйственное назначение. Так, Северо-кавказская, Южная и Центрально-Черноземные зоны наиболее благоприятные для ведения семеноводства и производства семян лука, а также возделывание озимого лука. Центральная, Средневолжская и Волго-вятская зоны наиболее благоприятные для производства лука-севка, Нижневолжская зона для производства лука-репки из семян.

3. РАЗРАБОТКА АДАПТИВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛУКОВЫХ КУЛЬТУР

3.1 МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЛУКОВЫХ КУЛЬТУР

В процессе работы на возделывании луковых культур машин должны адаптироваться к изменяющимся условиям среды, к которым следует отнести физико-механические свойства луковиц и почв.

В таблице 3.1 представлены типы устройств и варианты их комбинирования, и показана их адаптивность к изменению внешней среды. Из таблицы видно, что самостоятельное применение одного из устройств не обеспечивает адаптации к обоим факторам внешней среды, из чего следует необходимость комбинировать устройства разных типов. Так, лучше других адаптируются к изменению внешних факторов среды комбинации адаптивных и адаптируемых устройств, адаптируемых и неадаптируемых, а также комбинации из всех трех типов одновременно [2]-[6], [10]-[14], [19]-[22].

При разработке и проектировании высаживающего аппарата выбор той или иной конструктивной схемы определяется технологией в которой используется посадочная машина. Из анализа технологии селекции, сортоиспытания, первичного семеноводства, а также возделывания репчатого лука следует, что для посадки лука-севка требуются два типа посадочных машин – первый для селекционной работы в сортоиспытании и первичного семеноводства, второй для продовольственного возделывания репчатого лука из лука-севка, к этим машинам предъявляются различные требования [115], [122], [154].

Например, селекционная посадочная машина в первую очередь должна быть адаптивна к физическим свойствам луковиц, и качественные показатели посадки должны стремиться к максимуму, а это может достигаться за счет снижения производительности и повышения затрат на посадку. Этим

требованиям в большей степени соответствует сочетание в конструкции высаживающего аппарата всех трех типов адаптивных устройств.

Таблица 3.1 – Типы адаптивных устройств и варианты их комбинирования для посева и посадки луковиц

Наименование	Адаптируемый фактор		Достоинства	Недостатки
	Физ. свойства луковиц	Ландшафт поля		
Адаптивный (Адп)	+	-	Простота конструкции	Используются только в комбинации с устройствами других типов
Адаптируемый (Адр)	+	-	Высокая производительность	Не обеспечивает равномерности подачи луковиц и деления их на фракции
Не адаптируемый (Неадр)	-	+	Высокая равномерность распределения луковиц	Чувствительные к изменению физ. свойств и размерам луковиц
Адп+ Адр	+	+	Высокая адаптивность к изменяющимся факторам	Относительно низкая равномерность распределения
Адп+ Неадр	-	+	Высокая равномерность распределения	Низкая производительность
Адр+ Неадр	+	+	Высокая производительность и адаптивность к изменяющимся факторам	Сложно добиться согласованности работы между устройствами
Адп+ Адр+ Неадр	+	+	Высокие качественные показатели равномерности и ориентирования	Сложность конструкции, низкая производительность

Посадочные машины для возделывания репчатого лука из лука-севка должны быть высокопроизводительными и экономичными и при этом отвечать агротехническим требованиям на посадку лука-севка, и адаптироваться к ландшафту поля. Этим требованиям в большей степени соответствует сочетание адаптивных и адаптируемых устройств.

Таблица 3.2 – Типы устройств и варианты их комбинирования для калибрования

№	Адаптивный	Неадаптивный		Достоинства	Недостатки
		Адаптируемый	Неадаптируемый		
1	+	-	-	Простота конструкции	Используются только в комбинации с устройствами других типов
2	-	+	-	Высокая производительность	Не обеспечивает равномерности подачи луковиц и деления их на фракции
3			+	Высокая равномерность распределения луковиц	Чувствительные к изменению физ. свойств и размерам луковиц
4	+	+	-	Высокая адаптивность к изменяющимся факторам	Низкая производительность
5	+	-	+	Высокая равномерность распределения	Сложность конструкции
6	-	+	+	Высокая равномерность распределения	Сложно добиться согласованности работы между устройствами
7	+	+	+	Высокие качественные показатели равномерности и ориентирования	Сложность конструкции, низкая производительность

3.2 РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МАШИНЫ ДЛЯ ЛЕНТОЧНОГО ПОСЕВА СЕМЯН ЛУКА

На основе анализа устройств для посева семян, а также разработанной классификации устройств для посева и посадки по степени адаптивности к семенному материалу и почвенным условиям, наиболее перспективной представляется конструкция сошника для ленточного посева с пассивным распределителем, выполненного в виде отражателя с криволинейной поверхностью [109], [127].

Разработка математической модели поверхности распределителя-отражателя семян лука

Общая конструктивная схема сошника для ленточного посева подпочвенно-разбросным способом с распределителем-отражателем (заявка на изобретение № 2021108790) (приложение Д) представлена на рисунке 3.1 [144].

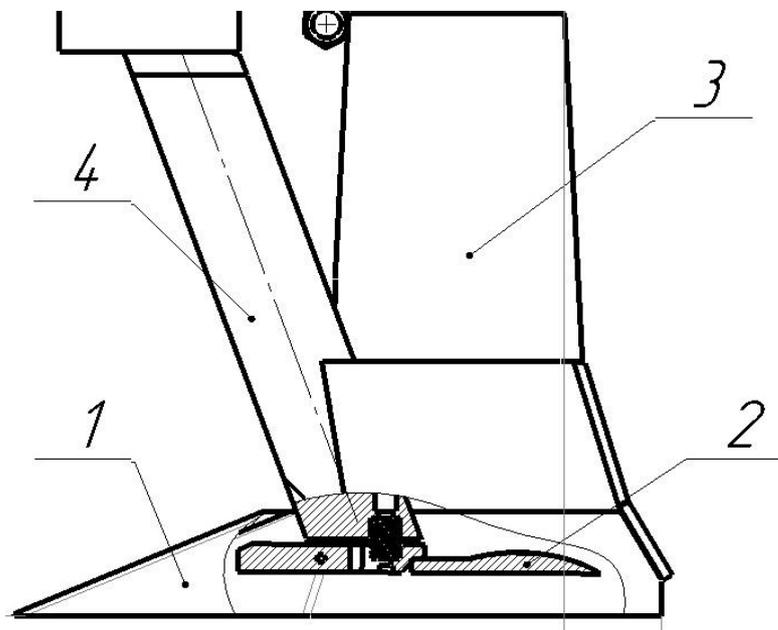


Рисунок 3.1 – Конструктивная схема сошника посевной машины вид сбоку:
 1 – лапа стрельчатая; 2 – распределитель-отражатель; 3 – семяпровод;
 4 – стойка крепления сошника к раме

Технологический процесс машины оснащенной сошником для ленточного посева протекает следующим образом. Семенной материал поступает по семяпроводу 3 равномерным потоком, на распределитель-отражатель сошника 2, находящийся под лаповым пространством, имеющий сложную форму, ограниченную кромкой стрелчатой лапы 1 (рисунок 3.2). При этом сошник равномерно и прямолинейно движется вместе с посевной машиной со скоростью V_m , (м/с).

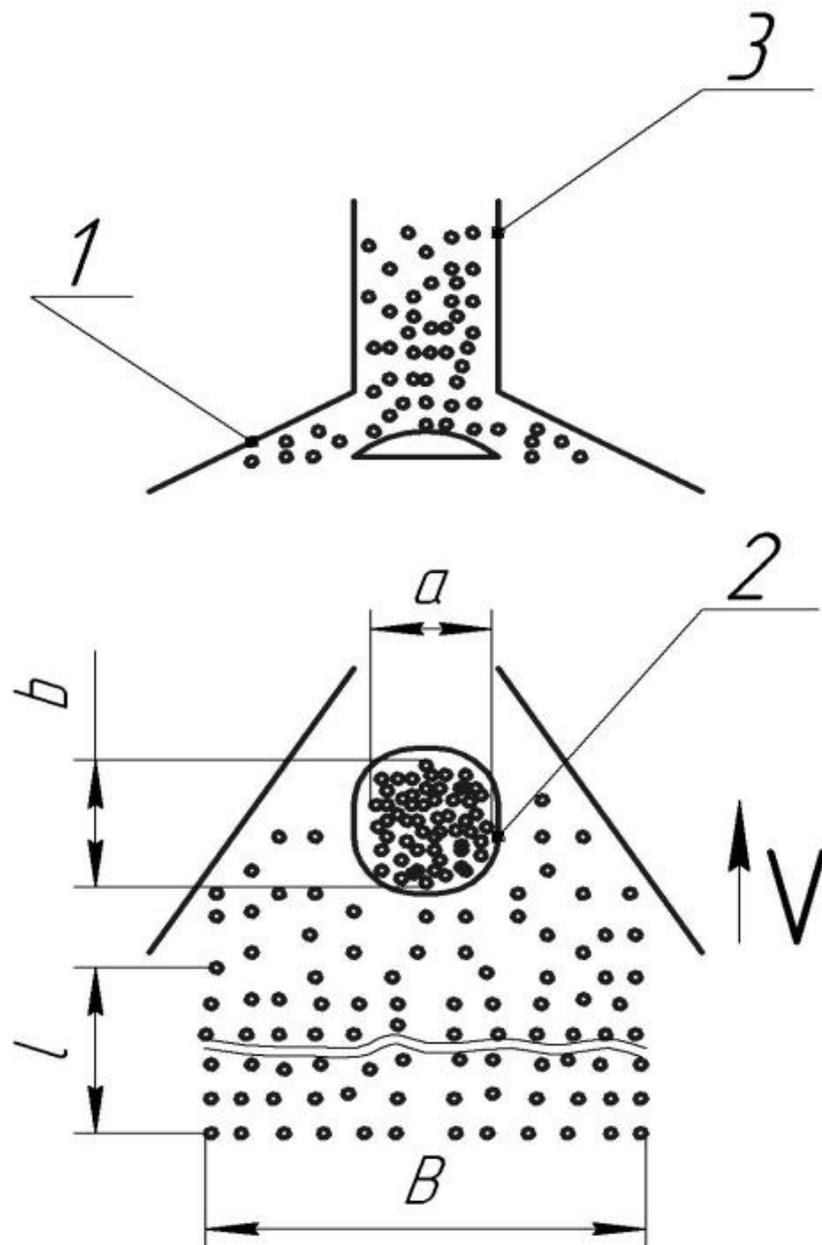


Рисунок 3.2 – Схема распределения семян в сошнике: 1- лапа сошника, 2 – распределитель-отражатель, 3 - семяпровод

Необходимо математически описать форму криволинейной поверхности распределителя-отражателя, обеспечивающего равномерное распределение семян в подлаповом пространстве по всей длине ленты l_p , (м), на ширине B_p , (м). Коэффициент восстановления семян об отражатель равен k_c .

Семена, падающие со скоростью $V_{сл}$ вертикально вниз сталкиваются с распределителем-отражателем, поверхность которого задаётся графиком функции $f_{от}$, отражаются от него и далее движутся свободно, падая в некоторой области D . Требуется определить функцию $f_{от}$, соответствующую равномерному распределению семян в области.

На начальном этапе исследования рассматривается одномерная модель, в которой семяпровод есть некоторый отрезок $[0, A]$; поверхность распределителя-отражателя представляет собой монотонно убывающую непрерывно дифференцируемую функцию с начальным условием:

$f(0) = a > 0$, заданную на рассмотренном отрезке. При этом картина отражения рассматривается следующая – семена совершают ровно одно отражение от поверхности и в дальнейшем не взаимодействуют ни с ней, ни между собой, двигаясь по параболе, а в момент падения на землю (уровень которой считаем нулевым) немедленно фиксируются и перестают двигаться. То есть вторичными отражениями семян от земли в момент падения, их столкновениями друг с другом и с землёй, и сопротивлением воздуха пренебрегаем. Напротив, соударение семян с отражателем является абсолютно упругим и происходит без потери кинетической энергии (то есть модуль скорости не изменяется). Считается, что скорость падения семян в течение всего падения до момента отражения остаётся постоянной; тем самым, мы пренебрегаем небольшим увеличением скорости падения в тех точках отрезка, в которых $f(x) < a$ (что соответствует небольшому характерному вертикальному размеру отражателя); при этом после отражения движение семян становится, как и должно, равноускоренным с ускорением свободного падения. Направление скорости при соударении меняется строго по правилу «угол падения равен углу отражения», при этом имеется в виду угол с

касательной (или, равносильно, с нормалью) к графику функции $f_{от}$ в точке соударения (рисунок 3.3).

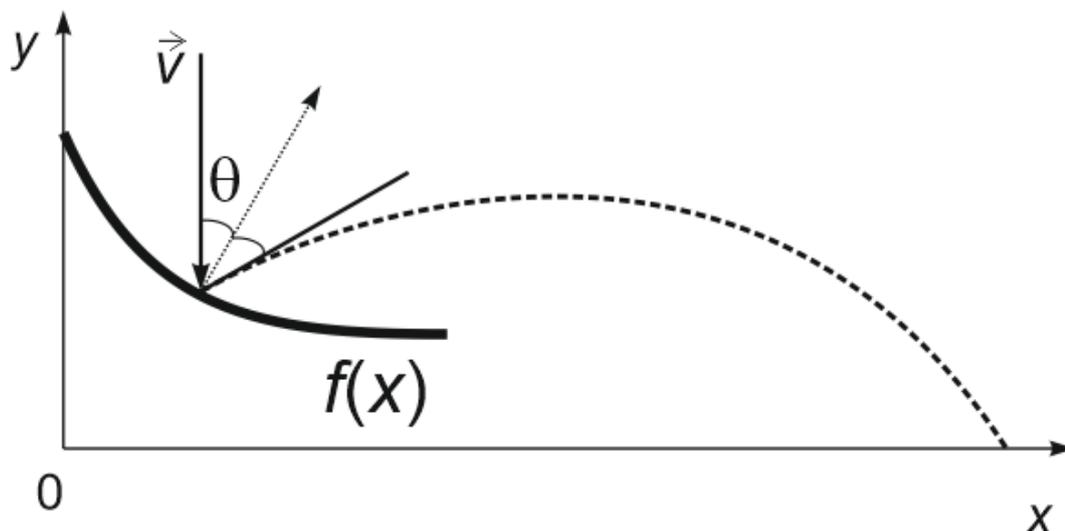


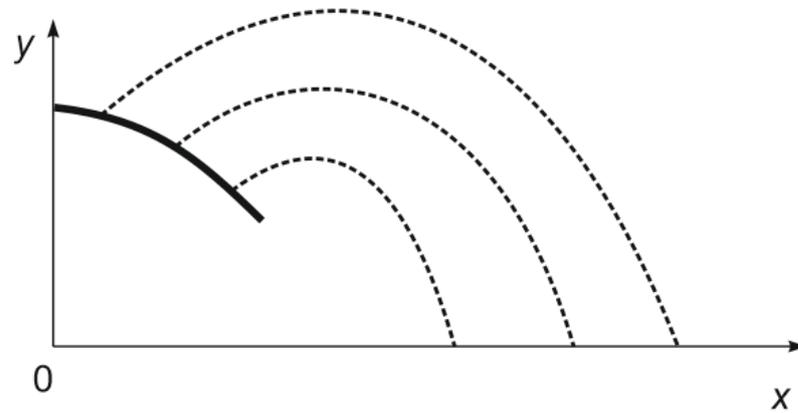
Рисунок 3.3 – Схема соударения семян лука и поверхности отражателя

Простота рассмотренной постановки позволяет аналитически свести задачу к решению некоторого дифференциального уравнения. При этом учёт неупругости столкновения семян с отражателем в виде мультипликативного коэффициента потери скорости $0 < k_c < 1$ несложен (и теоретически возможен) без усложнения модели, однако сводится всего лишь к подмене вертикальной скорости $V_{сл}$ скоростью $k_c V_{сл}$, которая получилась бы после соударения (с дальнейшим движением по параболе), что совершенно не влияет на общий вид уравнения.

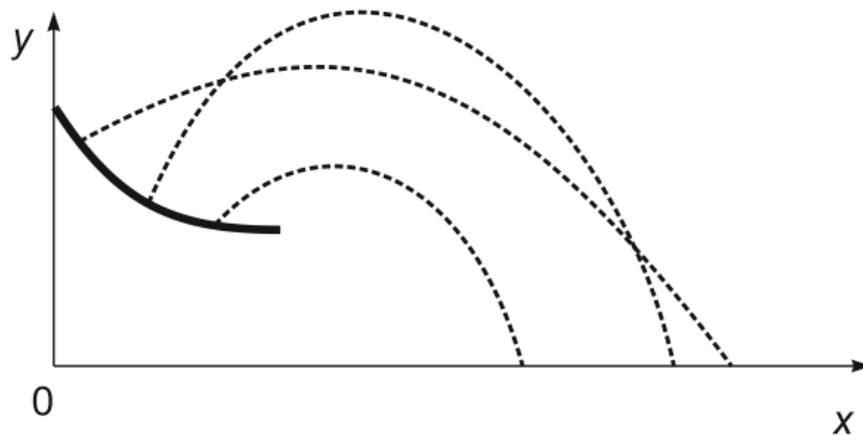
Авторам данной работы известно, что картина отражения в реальности существенно зависит от типа семян, что связано с нетривиальными механическими и геометрическими их свойствами, однако учёт этих свойств без радикального усложнения модели невозможен.

Можно себе представить две альтернативные картины равномерного отражения: «изотонную» (рисунок 3.4(а)) и «антитонную» (рисунок 3.4(б)).

Адекватная математическая модель должна включать в себя реализацию обеих возможностей в рамках одного решения дифференциального уравнения.



(a)



(б)

Рисунок 3.4 – Схема равномерного отражения от выпуклой (а) и вогнутой (б) поверхностей

Для вывода уравнения полёта частицы потока семян до отражателя не является существенным и можно считать, что частица зарождается в точке графика функции $(x, f(x))$, вылетая из неё под углом 2θ к вертикали (не умаляя общности, можно считать, что $\theta \in (0, \frac{\pi}{2})$). Соответственно, вертикальная

составляющая скорости отражённой частицы равна $V_{\text{сл}} \cdot \sin 2\theta$, откуда ордината точки в момент времени t вычисляется по формуле $f(x) + (V_{\text{сл}} \cdot \sin 2\theta) \cdot t + \frac{gt^2}{2}$. Следовательно момент t_0 падения частицы потока на землю можно найти из квадратного уравнения:

$$(f(x) + h) + (V_{\text{сл}} \cdot \sin 2\theta) \cdot t + \frac{gt^2}{2} = 0. \quad (3.1)$$

Очевидно, что t_0 – больший корень уравнения. Тем самым:

$$t_0 = \frac{-V_{\text{сл}} \cdot \sin 2\theta + \sqrt{(V_{\text{сл}} \cdot \sin 2\theta)^2 - 2g(f(x) + h)}}{g}. \quad (3.2)$$

Далее, горизонтальная составляющая скорости отражённой частицы равна $V_{\text{сл}} \cdot \cos 2\theta$, откуда горизонтальное смещение частицы вычисляется по формуле:

$$(V_{\text{сл}} \cdot \cos 2\theta) \cdot t_0 = (V_{\text{сл}} \cdot \cos 2\theta) \cdot \frac{-V_{\text{сл}} \cdot \sin 2\theta + \sqrt{(V_{\text{сл}} \cdot \sin 2\theta)^2 - 2g(f(x) + h)}}{g}. \quad (3.3)$$

Прибавляя абсциссу точки, в которой происходит отражение и производя очевидные равносильные преобразования, окончательно получаем абсциссу падения частицы, отразившейся от графика функции-отражателя в точке $(x, f(x))$:

$$Q(x) = x + \frac{-V_{\text{сл}}^2 \cdot \frac{\sin 4\theta}{2} + V_{\text{сл}} \cdot \cos 2\theta \cdot \sqrt{(V_{\text{сл}} \cdot \sin 2\theta)^2 - 2g(f(x) + h)}}{g}. \quad (3.4)$$

Записывая условие равномерности в виде $\frac{dQ}{dx} = C$ (условие соответствует тому, что функция $Q(x)$ является приблизительно линейной или, равносильно, тому, что частицы, отразившиеся от небольшого интервала длины dx распределятся равномерно по интервалу $\frac{dQ}{C}$), получаем уравнение:

$$\frac{\left(\frac{dQ}{d\theta}\right)}{\left(\frac{dx}{d\theta}\right)} = C, \text{ или} \quad \frac{d\theta}{dx} = \frac{1}{C} \cdot \frac{dQ}{d\theta}, \quad (3.5)$$

или, после очевидных преобразований:

$$\frac{d\theta}{dx} = -\frac{V_{\text{сл}}^2}{gC} \cdot 2 \cos 4\theta + \frac{V_{\text{сл}}}{g} \cdot \left(2 \sin 2\theta \cdot \sqrt{(V_{\text{сл}} \cdot \sin 2\theta)^2 - 2g(f(x) + h)} + \right.$$

$$+ \cos 2\theta \cdot \frac{V^2 \sin 4\theta}{\sqrt{(V \cdot \sin 2\theta)^2 - 2g(f(x)+h)}}). \quad (3.6)$$

Добавляя к полученному уравнению очевидное уравнение

$$\frac{df}{dx} = -\operatorname{tg}\theta, \quad (3.7)$$

получаем окончательно искомое дифференциальное уравнение, точнее – систему двух дифференциальных первого порядка (равносильную уравнению второго порядка).

Полученная система дифференциальных уравнений была решена явным методом Рунге-Кутты четвёртого порядка. Типичное решение системы приведено на рисунок 3.5.

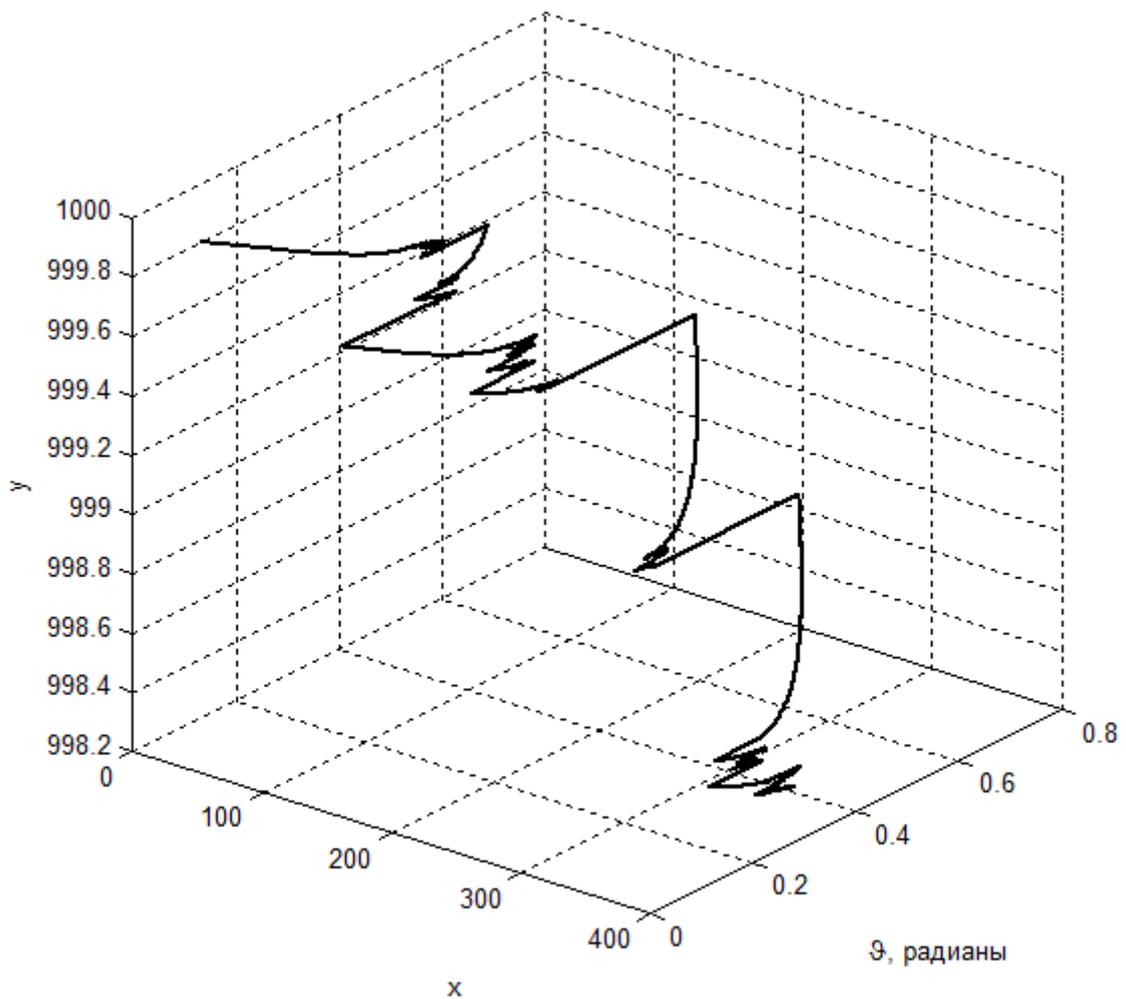


Рисунок 3.5 – Графическое представление решения системы дифференциальных уравнений методом Рунге-Кутты

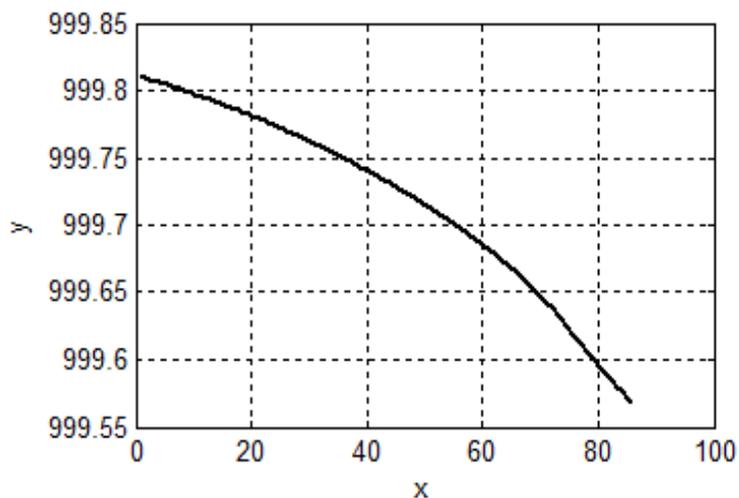
Следует отметить, что рассмотренная система автономна (правая часть не зависит от x), поэтому любой фрагмент решения начиная с $x = x_0$ также является решением. Решение в целом выглядит довольно нерегулярно и странно, однако следует учесть, что при $\theta \notin \left(0, \frac{\pi}{2}\right)$ решение утрачивает геометрический смысл и становится чисто формальным. Характерные места, где график «колеблется в разные стороны» соответствуют колебаниям θ вблизи значения $\frac{\pi}{2}$. Для получения адекватного профиля следует рассматривать исключительно максимальные монотонно убывающие фрагменты решения (являющиеся решениями ввиду сделанного выше замечания) начиная с $\theta = \theta_0$ с условием $\theta \in \left(\theta_0, \frac{\pi}{2}\right)$; такие фрагменты решения будем называть естественными. В силу максимальнойности каждый естественный фрагмент имеет однозначно определённую длину (по оси аргументов), которую естественно назвать характерной длиной, которая зависит от θ_0 . На рисунке 3.6 изображены изотонные (а) и антитонные (б) естественные фрагменты решения.

В действительности, от одного из упрощающих допущений на этом этапе исследования нетрудно избавиться: именно от того допущения, что все частицы потока семян в момент отражения имеют одинаковую вертикальную скорость (соответствующего тому, что функция, описывающая профиль распределителя-отражателя мало меняется).

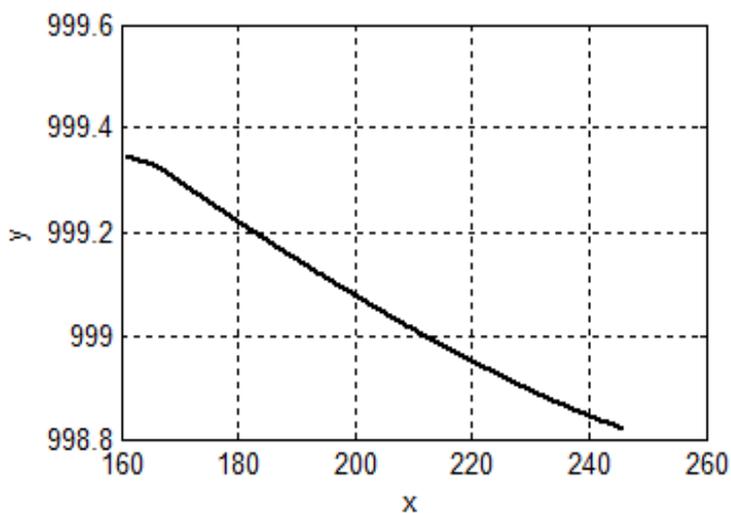
Пусть H – высота уровня, с которого с начальной скоростью $V_{\text{сл}}$ начинается свободное (с ускорением g) падение семян (до отражающей поверхности). Соответственно, частицам потока предстоит пролететь расстояние $H - f(x)$. Аналогично предыдущему, время падения t_0 является большим корнем уравнения: $H - f(x) = V_{\text{сл}}t_0 + \frac{gt_0^2}{2}$. Соответственно, $t_0 = \frac{-V_{\text{сл}} + \sqrt{V_{\text{сл}}^2 - 2g(f(x) - H)}}{g}$, и скорость частицы в момент отражения равна:

$$V_{\text{сл}}(x) = V_{\text{сл}} + gt_0 = V_{\text{сл}} + g \cdot \frac{-V_{\text{сл}} + \sqrt{V_{\text{сл}}^2 - 2g(f(x) - H)}}{g}. \quad (3.8)$$

Подставляя это выражение вместо $V_{сл}$ в первоначальное уравнение, получаем уравнение, содержащее учёт эффекта изменения высоты отражающей поверхности. Это уравнение также было решено при помощи метода Рунге-Кутты 4 порядка, продемонстрировав несколько более регулярное поведение (рисунки 3.5-3.7).



(a)



(б)

Рисунок 3.6 - Изотонные (а) и антитонные (б) естественные фрагменты решения дифференциального уравнения

Впрочем в проекции на плоскость $(x, f(x))$ разница решений в пределах отрезка монотонности не выглядит категорической (рисунок 3.7).

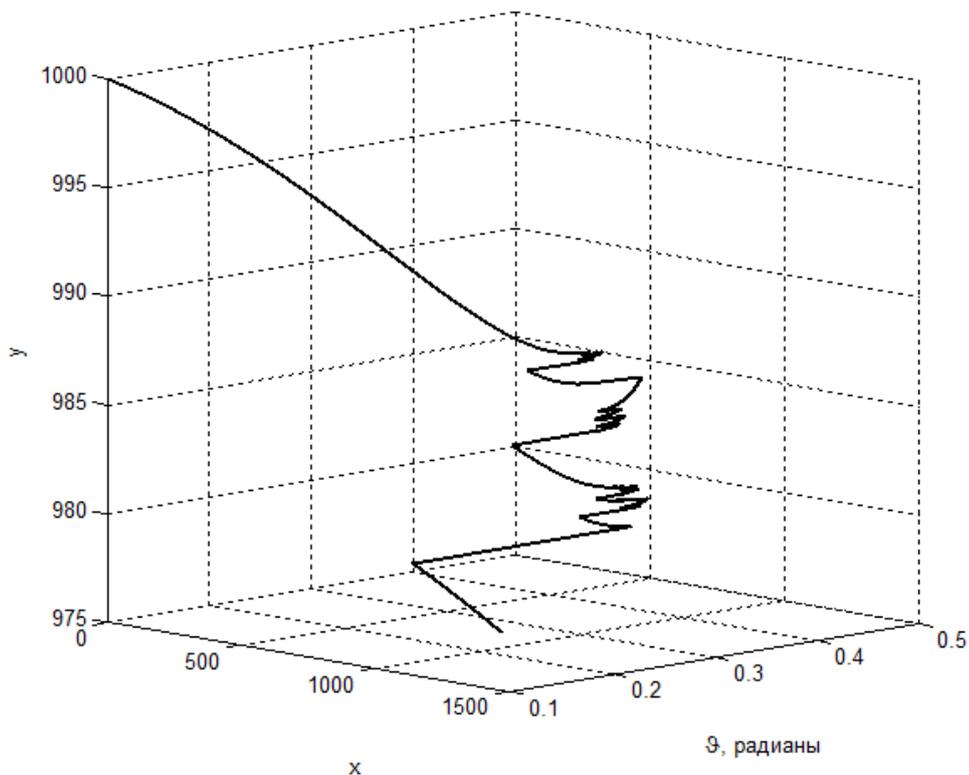
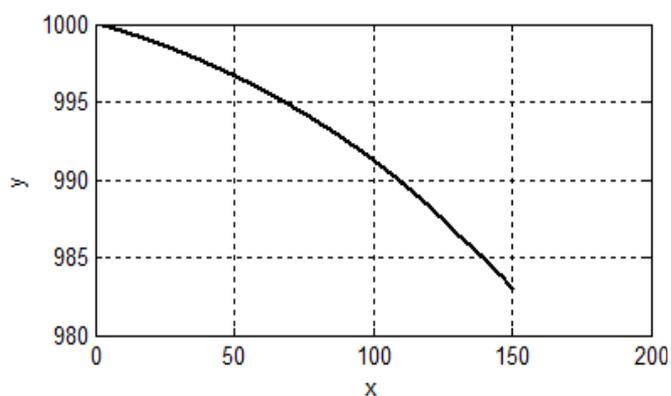
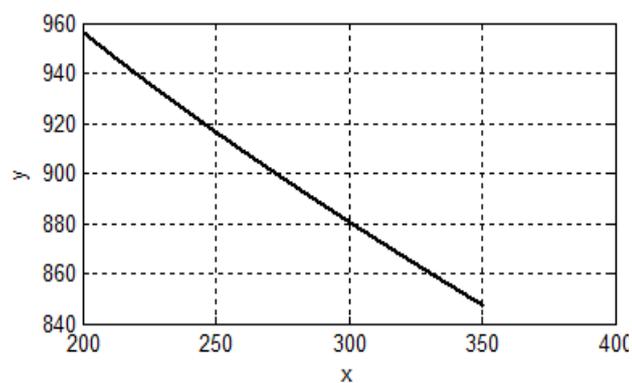


Рисунок 3.7 – Графическое представление решения системы модифицированных дифференциальных уравнений методом Рунге-Кутты 4-го порядка



(а)



(б)

Рисунок 3.8 - Изотонные (а) и антитонные (б) естественные фрагменты решения модифицированного уравнения

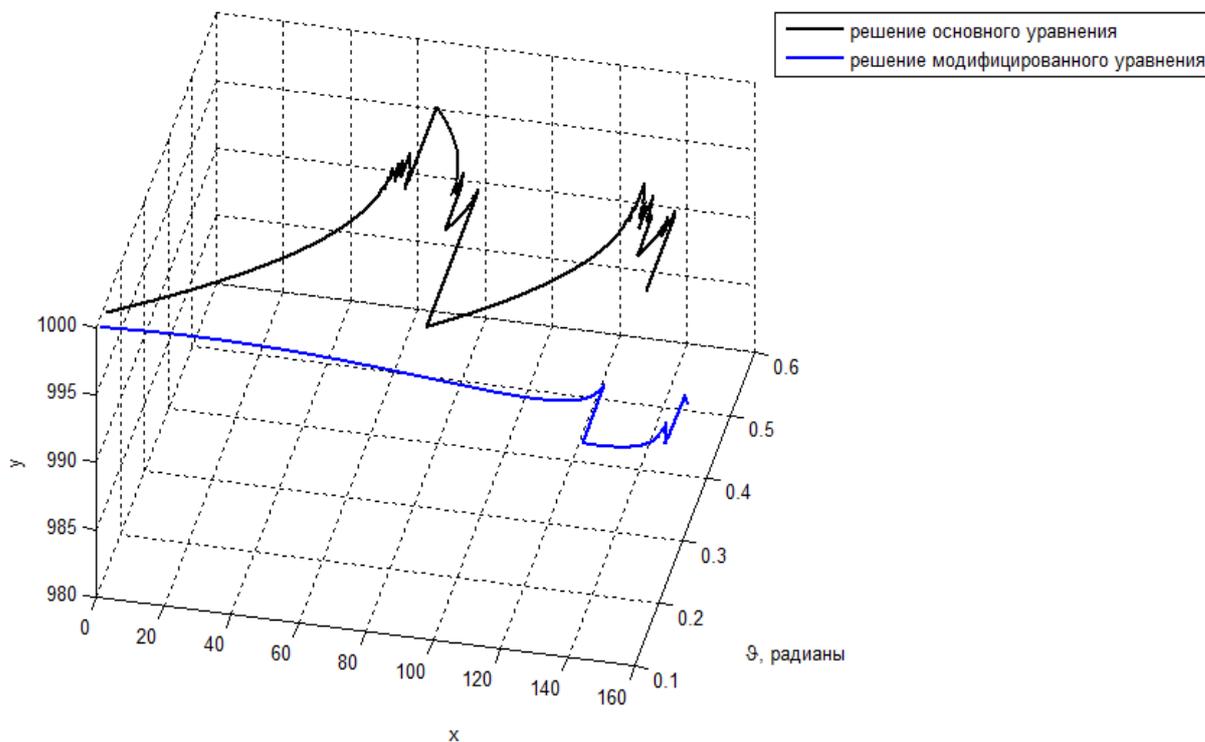


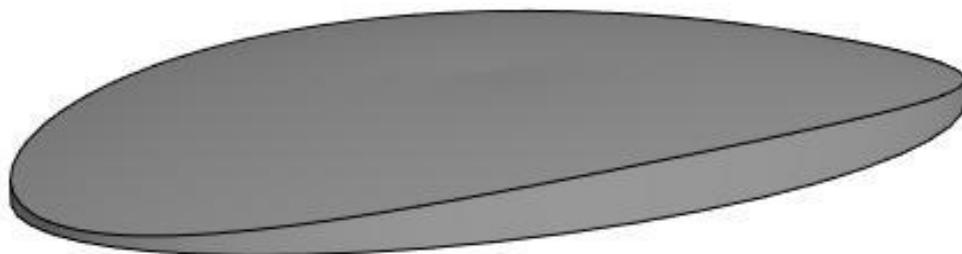
Рисунок 3.9 – Совместное решение основного и модифицированного уравнения

Обоснование размеров и проектирование поверхности распределителя-отражателя

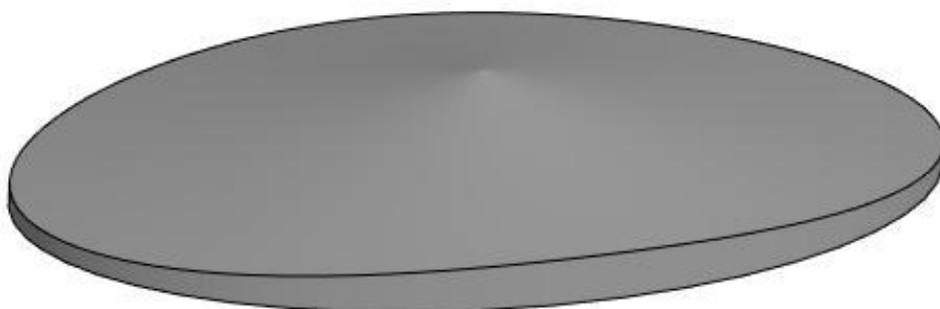
Для получения геометрической формы распределителя-отражателя необходимо выбрать участок кривой, являющейся решением системы дифференциального уравнения (3.6-3.7), далее, используя уравнение выбранной кривой, построить его в графическом редакторе (КОМПАС-3D) и, используя функцию получения формы детали «вращением», получить искомую форму (рисунок 3.10).

Однако для выбора участка кривой необходимо обосновать геометрические размеры распределителя-отражателя, которые определяются требуемой шириной ленты посева семян и должны согласовываться с размерами сошника таким образом, чтобы весь поток семян, сходящий с семяпровода, попал на распределяющую поверхность.

Очевидно, что для распределения семян равномерно во всех направлениях, форма основания отражателя должна иметь окружность, тогда при вращении кривой поверхности, боковая поверхность отражателя будет иметь конусную или сферическую поверхность, в зависимости от формы кривой (рисунок 3.8).



а)



б)

Рисунок 3.10 – 3D модели распределителей-отражателей семян:

а) изотонного б) антитонного типа

Исходя из вышесказанного, диаметр основания распределителя будет равен:

$$D_{po} = P_{сп}, \quad (3.9)$$

где D_{po} – диаметр основания распределителя-отражателя, м;

$R_{\text{сп}}$ - наименьший поперечный размер семяпровода для прямоугольной формы (для круглой формы диаметр семяпровода), м.

Для посева семян лука ширина ленты колеблется в пределах 50 - 80 мм, при этом диаметр подаваемого потока с семяпровода при норме высева 60 - 80 кг/га составляет 20-25 мм. Исходя из этого и из формы кривой (рисунок 3.10), полученной решением системы дифференциальных уравнений (3.6-3.7), поставленным требованиям в большей степени отвечает изотонная поверхность (рисунок 3.10 а). Выбранные параметры распределителя-отражателя для экспериментальных исследований представлены в главе 4.

3.3 РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МАШИНЫ ДЛЯ ОРИЕНТИРОВАННОЙ ПОСАДКИ ЛУКОВЫХ КУЛЬТУР

Для посадки лука-севка разработан катушечно-вильчатый высаживающий аппарат (приложения Е и Ж) (рисунок 3.11), который состоит из корпуса 1 с вырезами 3 и катушки 2 с желобками, образованными вильчатыми захватами, установленной на валу высаживающего аппарата (рисунок 3.11) [142].

Катушка высаживающего аппарата предназначена для поштучной подачи луковиц в семяпровод. Вильчатые захваты катушки (рисунок 3.12) выполнены в виде стержней 1, которые расположены под острым углом друг к другу, причем расстояние B между стержнями у основания меньше диаметра высаживаемых луковиц. Расстояние A , между вильчатыми захватами измеренное по касательной, проведенной к основанию катушки, больше диаметра высаживаемых луковиц. Такая конструкция позволяет осуществлять поштучный отбор и подачу луковиц в семяпровод независимо от фракции высаживаемых луковиц [8], [12].

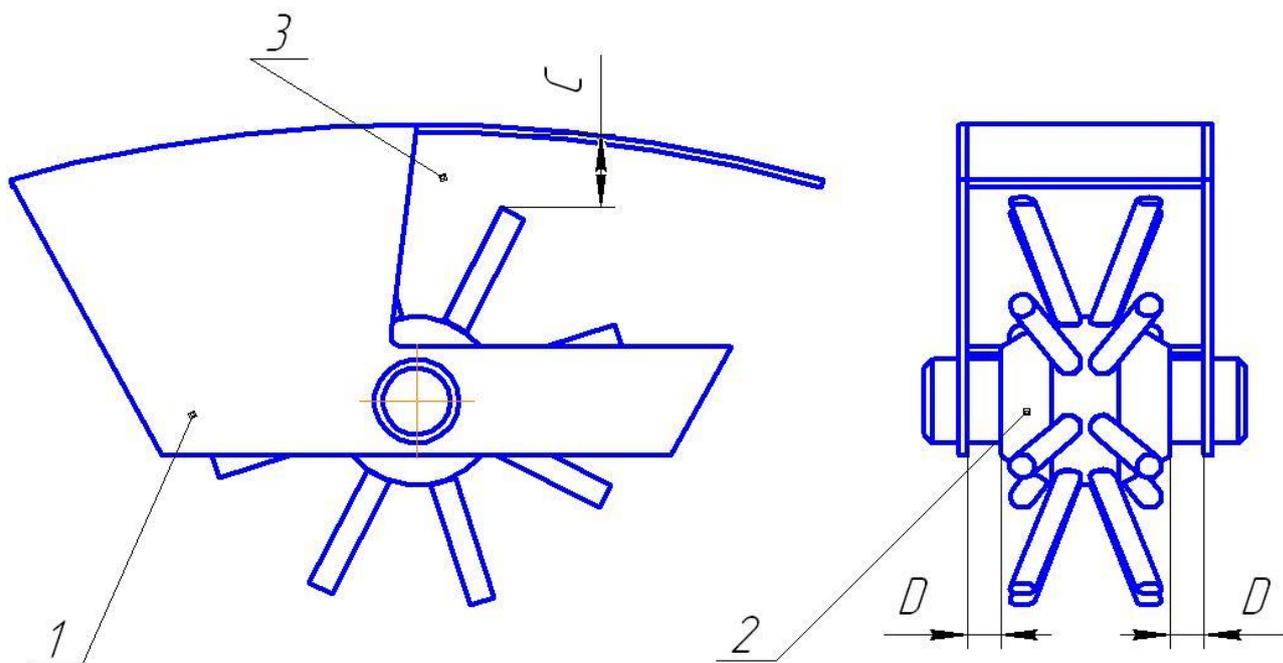


Рисунок 3.11 – Схема катушечно-вилчатого высаживающего аппарата для ориентированной посадки луковых культур (без семяпровода): 1 – корпус; 2 – катушка; 3- вырезы

Катушка 2 (рисунок 3.11) размещена в корпусе 1, в боковых стенках которого выполнены вырезы 3, таким образом, чтобы напротив выреза располагался сектор катушки размером не менее 90° , при этом расстояние C между верхними концами стержней вилчатых захватов и крышкой корпуса больше минимального диаметра и меньше максимального диаметра высаживаемых луковиц, а расстояние D между торцами катушки и боковыми стенками корпуса меньше минимального диаметра высаживаемых луковиц.

Ориентирующий питатель-семяпровод 5 (рисунок 3.13) предназначен для поштучного транспортирования и ориентирования луковиц вешкой вниз, от высаживающего аппарата к сошнику. Он представляет собой питатель-семяпровод, имеющий два изгиба и образующий три участка питателя-семяпровода. На конце третьего участка питателя-семяпровода установлена воронка с эластичной боковой поверхностью из отдельных упругих элементов, сила упругости которых меньше силы тяжести высаживаемых луковиц, но позволяющая упругим элементам возвращаться в исходное положение после

прохождения луковицы через воронки. Диаметр выходного отверстия воронки в исходном положении меньше диаметра высаживаемых луковиц [8], [12].

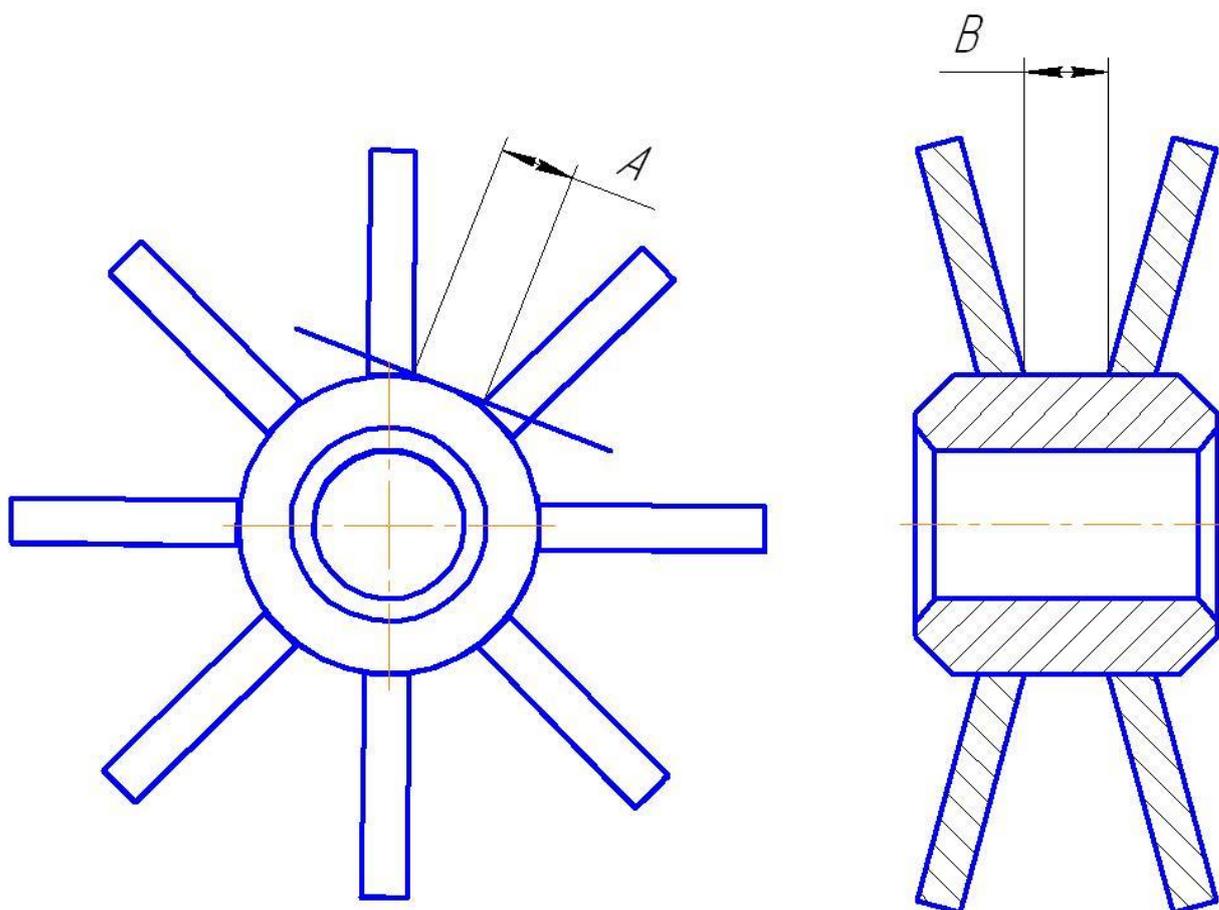


Рисунок 3.12 – Конструкции катушки

Катушечно-вилчатый высаживающий аппарат работает следующим образом: луковицы 1 (рисунок 3.13) попадают в корпус 2 катушечно-вилчатого высаживающего аппарата через вырезы 3 и самопроизвольно располагаются в желобках катушки 4, которая совершает вращательное движение и транспортирует луковицы в семяпровод 5. При посадке крупных луковиц (диаметром до 40 мм) между вилчатыми захватами может расположиться не более одной луковицы. При посадке луковиц мелкой фракции (диаметром 10 - 14 мм) при попадании двух и более луковиц в желобок, одна луковица располагается у основания катушки, а остальные на ней. Так как расстояние между стержнями у основания катушки меньше диаметра луковиц, то она

захватывается и подается в семяпровод, а остальные луковицы проходят между стержнями и таким образом выносятся из желобка [8], [12], [146].

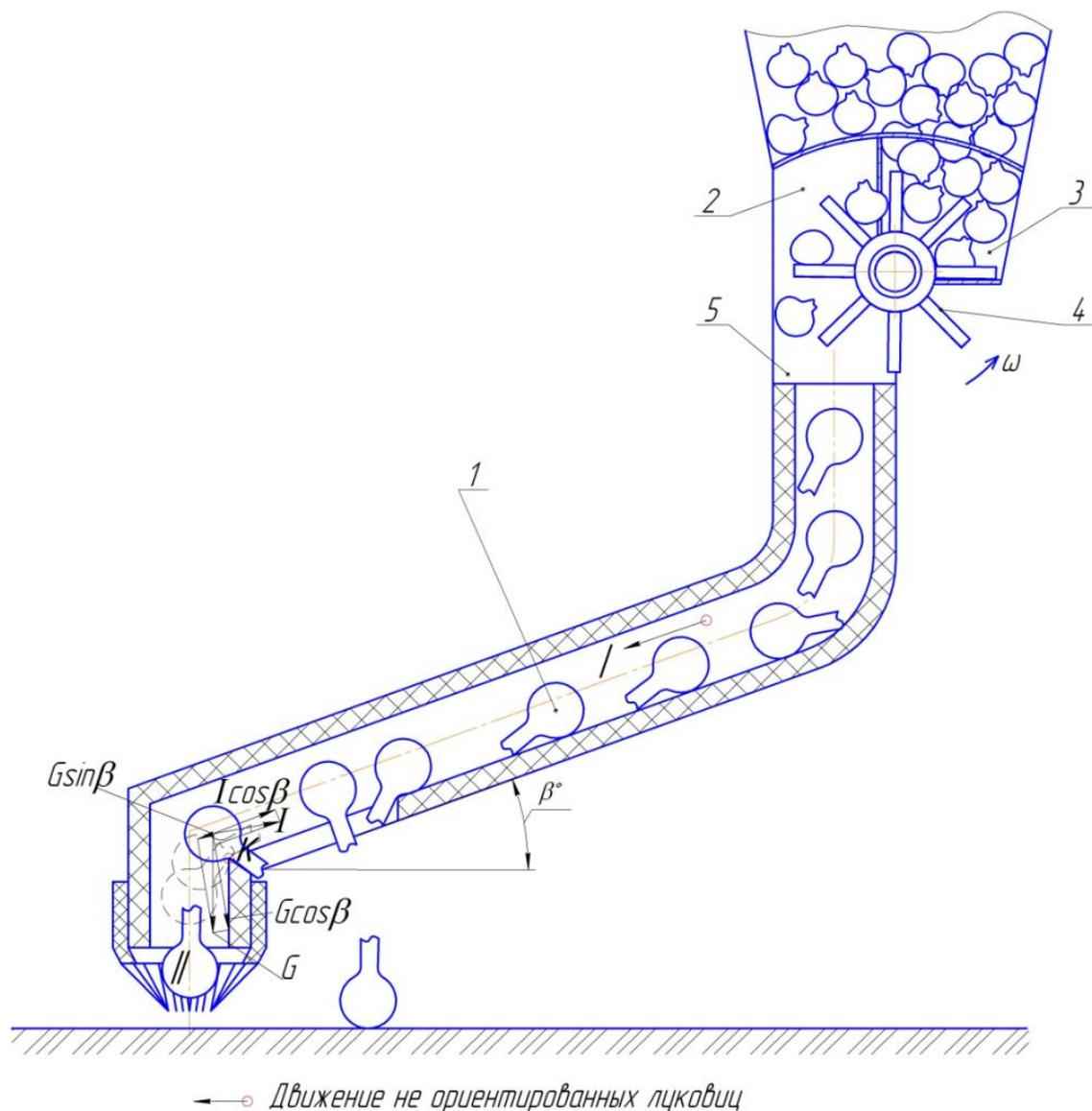


Рисунок 3.13 – Схема работы катушечно-вильчатого высаживающего аппарата для ориентированной посадки луковых культур: 1 - луковица, 2 - корпус катушки, 3 - вырезы, 4 – катушка, 5 – семяпровод с ориентирующей воронкой

Луковицы, поштучно подаваемые в ориентирующий питатель-семяпровод, выстраиваются по одной и движутся поступательно (позиция I). Задачей питателя-семяпровода является подача всех луковиц к сошнику вешкой вверх (позиция II). С этой целью на сходе семяпровода установлена ориентирующая воронка с эластичными элементами. Луковицы, попадая в воронку встречают сопротивление свободному прохождению со стороны эластичных элементов, в

результате скорость их падения снижается, а под действием силы тяжести разворачиваются (ориентируются) собственным центром тяжести, смещенным к донцу, вниз. В результате этого луковицы попадают в сошник донцем вниз, где заделывающими органами «влет» фиксируются почвой в таком положении [8], [12]. Подробнее взаимодействие луковицы и ориентирующей воронки описано далее.

Одним из основных показателей качества работы высаживающего аппарата является шаг посадки [6], [17], [169]. Для соблюдения заданного шага посадки высаживаемой культуры катушечно-вилочатым высаживающим аппаратом, необходимо чтобы при постоянном соотношении скорости движения посадочного агрегата и частоты вращения катушки, количество луковиц, забираемое одним вилочатым захватом катушки, было постоянным. Наиболее точным процесс посадки луковиц будет в том случае, если каждым вилочатым захватом будет подаваться в семяпровод по одной луковице.

Таким образом, задача теоретических исследований работы катушки катушечно-вилочатого высаживающего аппарата сводится к составлению математической модели процесса поштучного забора вилочатыми захватами катушки луковиц из бункера и подачи их в семяпровод [17].

Технологический процесс катушечно-вилочатого высаживающего аппарата должен выполняться таким образом, чтобы при работе лишние луковицы выпали из вилочатого захвата. На наш взгляд, такие условия можно обеспечить за счет формы вилочатого захвата, а именно, взаимного расположения его стержней, расстояния между ними и их геометрических размеров [17].

Рассмотрим возможные варианты процесса забора луковиц вилочатым захватом (рисунок 3.14). Наилучшим является вариант, когда изначально захватывается только одна луковица, это будет обеспечиваться в том случае, если расстояние между стержнями вилочатого захвата у основания катушки будет меньше диаметра луковицы. Это условие можно записать в следующем виде [17]:

$$l_{\text{ст}} < d_{\text{л}}^{\text{min}} \text{ при } h_{\text{ст}} = 0, \quad (3.10)$$

где $l_{\text{ст}}$ – расстояние между стержнями вильчатого захвата, м;

$d_{\text{л}}^{\text{min}}$ – наименьший диаметр, высаживаемых луковиц, м;

$h_{\text{ст}}$ – высота стержня от основания катушки, м.

В случае попадания на вильчатый захват двух луковиц, причем одна луковица располагается у основания, а вторая над ней, то необходимо, чтобы вторая луковица прошла между стержнями вильчатого захвата, поэтому на высоте 1,5 диаметра луковицы от основания катушки, расстояние между стержнями должно быть больше диаметра луковицы (рисунок 3.14). Получаем второе условие поштучной подачи луковиц [17]:

$$l_{\text{ст}} > d_{\text{л}}^{\text{min}} \text{ при } h_{\text{ст}} = 1,5d_{\text{л}}^{\text{min}} \quad (3.11)$$

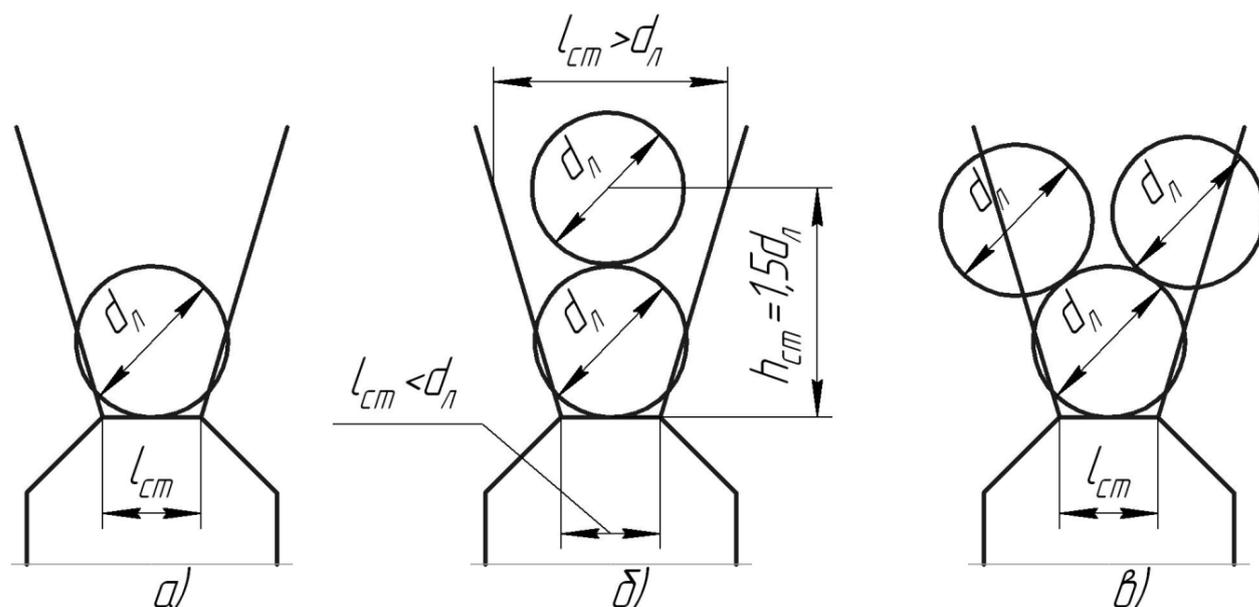


Рисунок 3.14 – Схемы захвата луковиц вильчатым захватом: а) одной луковицы б) двух луковиц в) трех луковиц

Более сложный вариант, когда вильчатый захват забирает три луковицы. Луковицы в этом случае будут располагаться следующим образом, одна луковица лежит у основания катушки, а две других над ней и опираются на стержни вильчатого захвата и на нижнюю луковицу. Необходимо, чтобы в процессе работы, две верхних луковицы были сброшены. Рассмотрим силы,

действующие на одну из верхних луковиц в плоскопараллельном движении, и условимся, что на вторую из них действуют точно такие же силы (рисунок 3.15).

В целях упрощения задачи, нами приняты следующие основные допущения [17]:

- Луковица представляет собой правильную форму шара, а центр тяжести расположен на оси его симметрии;
- Катушка катушечно-вильчатого высаживающего аппарата вращается с постоянной угловой скоростью;
- Расстояние от центра катушки до центра тяжести луковицы равно сумме радиуса катушки и полутора диаметра луковицы;
- Линия действия реакции опоры луковицы от стержня лежит под углом γ к оси X.

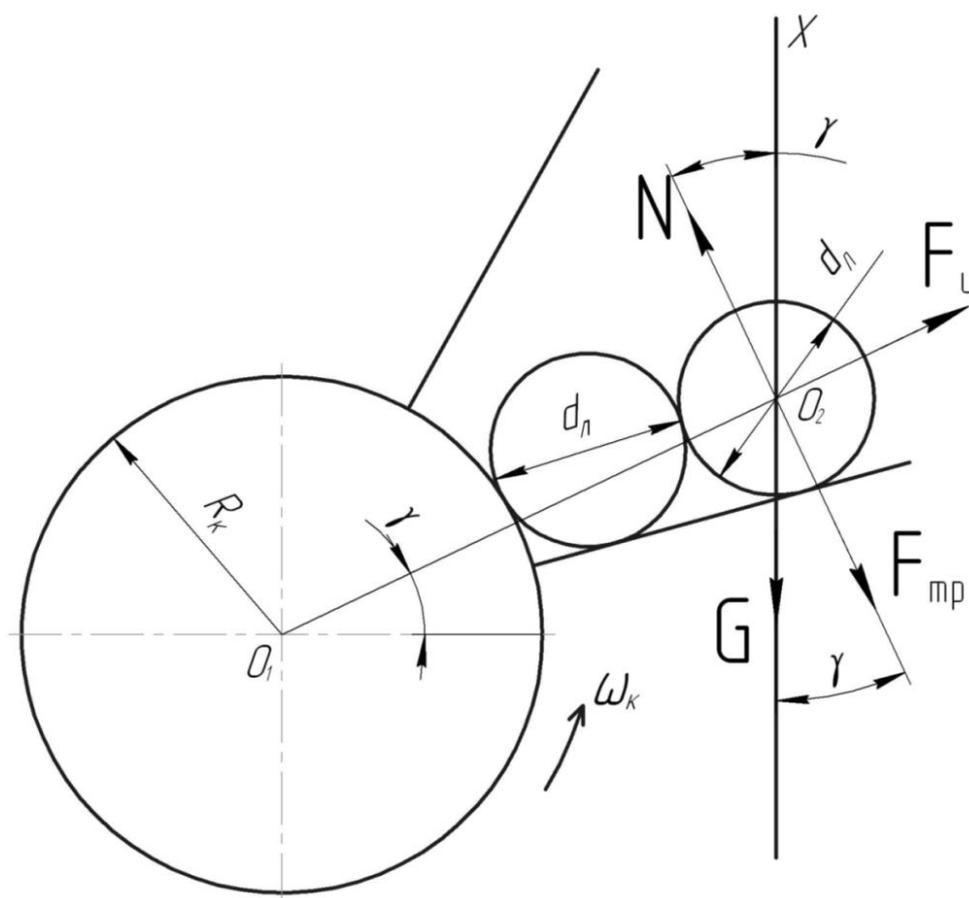


Рисунок 3.15 – Расчетная схема к определению радиуса катушки

На луковицу действуют следующие силы: сила тяжести луковицы $G = m_{\text{л}}g$ направленная вниз; силы трения луковицы с соседними луковицами и стержнем вильчатого захвата $F_{\text{тр}} = f m_{\text{л}}g$, направленные противоположно направлению движения луковиц, реакция опоры луковицы $N = m_{\text{л}}g$; сила инерции $J = m_{\text{л}}\omega_{\text{к}}^2 R$, направленная по радиусу катушки. Все силы приложены в центре тяжести луковицы. Направим ось X по линии действия силы тяжести G и спроецируем на нее все силы, получим следующее уравнение [17], [123]:

$$N_x + J_x - F_{\text{тр}x} - G_x = 0. \quad (3.12)$$

Для того, чтобы лишние луковицы в процессе работы были сброшены, сумма сил противодействующих движению луковиц, должна быть больше суммы сил, вовлекающих луковицу во вращательное движение, то есть условие поштучного захвата луковиц можно записать в следующем виде [17]:

$$F_{\text{тр}} \cos \gamma + G > N \cos \gamma + J \sin \gamma, \quad (3.13)$$

или с учетом формул для определения сил, действующих на рассматриваемую луковицу:

$$f_{\text{ст}} m_{\text{л}} g \cos \gamma + m_{\text{л}} g > m g \cos \gamma + m_{\text{л}} \omega_{\text{к}}^2 R \sin \gamma, \quad (3.14)$$

где $m_{\text{л}}$ – масса луковицы, кг;

g – ускорение свободного падения, м/с^2 ;

$\omega_{\text{к}}$ – угловая скорость вращения катушки, $1/\text{с}$;

R – расстояние от центра катушки до центра тяжести луковицы ($R = R_{\text{к}} + 1,5d_{\text{л}}$), м;

γ – угол поворота катушки, град;

$f_{\text{ст}}$ – суммарный коэффициент трения луковицы со стержнем и соседними луковицами.

Проведя ряд преобразований условия (3.13), получим выражение для определения радиуса катушки [8], [17], [79]:

$$R_{\text{к}} > \frac{g(f_{\text{ст}} \cos \gamma - \cos \gamma - 1)}{\omega_{\text{к}}^2 \sin \gamma} - 1,5d_{\text{л}}. \quad (3.15)$$

Кроме этого, сброс лишних луковиц должен произойти до того момента, как они начнут скатываться с нижней луковицы, то есть угол поворота катушки γ должен быть равен или меньше угла трения качения луковицы $\varphi_{\text{тр}}^{\text{к}}$. С учетом

этого, а также выражений (3.10), (3.11) и (3.15) математическая модель поштучной подачи луковиц катушкой катушечно-вильчатого высаживающего аппарата примет вид [8], [17], [79]:

$$\left\{ \begin{array}{l} l_{\text{CT}} < d_{\text{Л}}^{\text{min}} \text{ при } h_{\text{CT}} = 0 \\ l_{\text{CT}} > d_{\text{Л}}^{\text{min}} \text{ при } h_{\text{CT}} = 1,5d_{\text{Л}}^{\text{min}} \\ R_{\text{К}} > \frac{g(f_{\text{CT}}\cos\gamma - \cos\gamma - 1)}{\omega_{\text{К}}^2 \sin\gamma} - 1,5d_{\text{Л}} \text{ при } \gamma \leq \varphi_{\text{ТР}}^{\text{К}} \end{array} \right. \quad (3.16)$$

Полученная математическая модель позволяет произвести расчет основных конструктивных параметров катушки с вильчатыми захватами для выполнения поштучной подачи луковиц катушечно-вильчатым высаживающим аппаратом из бункера в семяпровод.

Ориентирующая воронка предназначена для ориентирования луковиц донцем вниз и стабилизации места выпадения луковиц из семяпровода в сошник. Для свободного входа луковиц в воронку ее вход должен быть равен диаметру семяпровода. Диаметр выходного отверстия воронки должен позволять луковицам самой мелкой фракции проходить с минимальным сопротивлением, так как такие луковицы очень легкие (до 1 грамма) и, в случае сильного сопротивления со стороны эластичных элементов, они будут застревать на выходе.

Таким образом, диаметры входа воронки и выхода можно определить по следующим выражениям [17], [133]:

$$D_{\text{В}}^{\text{ВХ}} = D_{\text{С}}, \quad (3.17)$$

$$D_{\text{В}}^{\text{ВЫХ}} = d_{\text{Л}}^{\text{min}} - t, \quad (3.18)$$

где $D_{\text{В}}^{\text{ВХ}}$ – входной диаметр ориентирующей воронки, м;

$D_{\text{В}}^{\text{ВЫХ}}$ – выходной диаметр ориентирующей воронки, м;

$D_{\text{С}}$ – внутренний диаметр семяпровода, м;

$d_{\text{Л}}^{\text{min}}$ – диаметр луковиц минимальной фракции, м;

t – разница между $d_{\text{Л}}^{\text{min}}$ и $D_{\text{В}}^{\text{ВЫХ}}$ (0,5-1 мм).

Рассмотрим прохождение луковицей ориентирующей воронки (рисунок 3.16) с учетом следующих допущений:

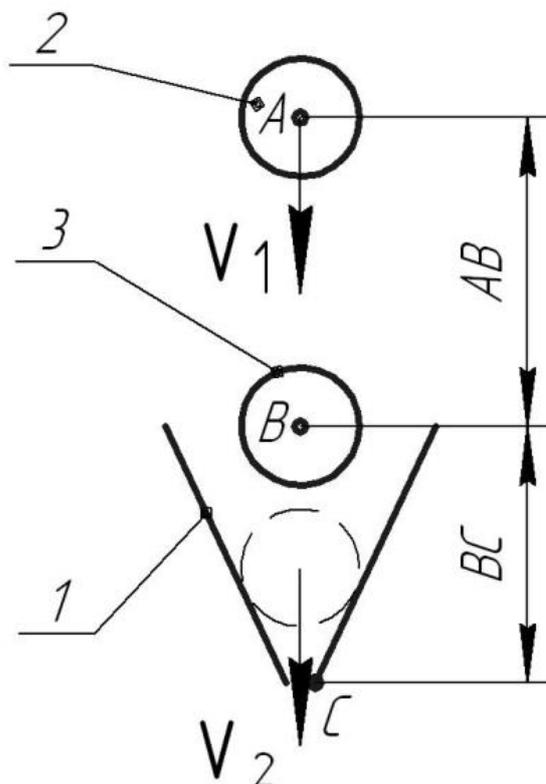


Рисунок 3.16 – Схема прохождения ориентирующей воронки луковицей

- луковицы имеют идеальную форму шара, а центр тяжести расположен на пересечении осей симметрии;

- эластичные элементы воронки воздействуют равномерно на луковицу по всей высоте и всеми элементами одновременно.

Упругость эластичных элементов воронки 1 должна быть такой, чтобы сопротивление, воздействующее на луковицу 3, проходящую сквозь воронку, не приводило к снижению скорости ее движения до значения V_2 , при котором идущая за ней луковица 2 на расстоянии со скоростью V_1 догнала бы ее.

Запишем условие, при котором луковица 2 догонит луковицу 3 в точке С [133]:

$$\frac{AC}{BC} = \frac{V_1}{V_2}, \quad (3.19)$$

где AC – расстояние от центра тяжести луковицы 2 до нижнего края эластичных элементов ориентирующей воронки, м;

$BC=h_B$ – расстояние от центра тяжести луковицы 2 до нижнего края эластичных элементов ориентирующей воронки (высота ориентирующей воронки), м.

На схеме (рисунок 3.16) видно, что расстояние AC равно сумме AB и $BC=h_B$:

$$AC = AB + h_B. \quad (3.20)$$

При этом скорость V_2 отличается от скорости V_1 на величину поправочного коэффициента f_B , зависящего от характера взаимодействия луковицы с эластичными элементами, который равен коэффициенту трения луковицы об эластичные элементы воронки.

Тогда, скорость луковицы, проходящей через ориентирующую воронку V_2 определим из выражения [130]:

$$V_2 = f_B V_1. \quad (3.21)$$

Если посадочная машина движется со скоростью V_M тогда для обеспечения шага посадки (расстоянию между двумя соседними луковицами) l_n луковицы должны подаваться в борозду с интервалом времени (штучная подача) $t_{шт}$, которое будет равно отношению шага посадки к скорости движения посадочной машины [34], [102]:

$$t_{шт} = \frac{l_n}{V_M}. \quad (3.22)$$

С учетом этого расстояние между луковицами 2 и 3 AB можно определить из следующего выражения:

$$AB = V_1 t_{шт} = V_1 \frac{l_n}{V_M}. \quad (3.23)$$

В этом случае расстояние AC будет равно:

$$AC = V_1 \frac{l_n}{V_M} + h_B. \quad (3.24)$$

Подставим в условие (3.20) выражения (3.23) и (3.24) и проведем ряд преобразований:

$$f_B = \frac{h_B V_M}{V_1 l_n + h_B V_M}. \quad (3.25)$$

Поскольку боковая поверхность ориентирующей воронки состоит из отдельных эластичных элементов, то f_B равна сумме коэффициентов f_i каждого эластичного элемента n_j :

$$f_B = \sum f_i n_j. \quad (3.26)$$

Для определения коэффициента трения луковичы об эластичный элемент при прохождении ориентирующей воронки, рассмотрим рисунок (3.17).

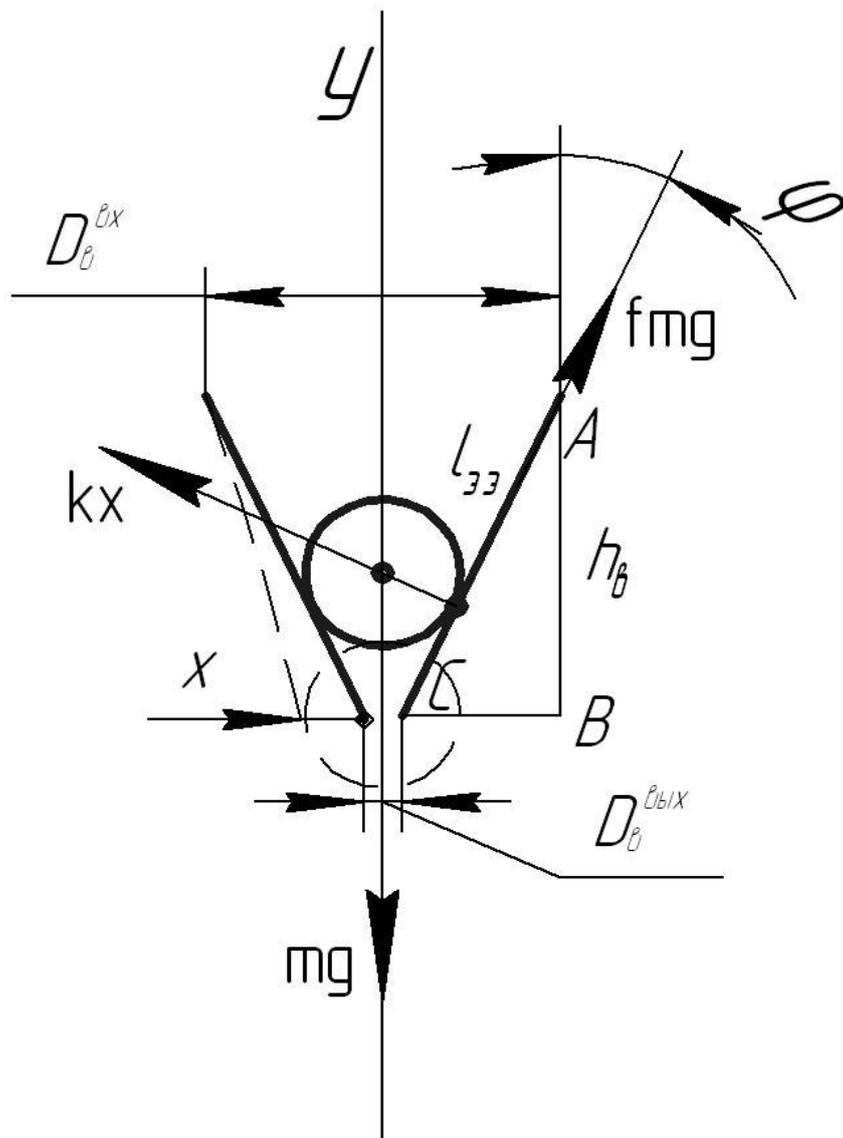


Рисунок 3.17 – Схема действия сил на луковицу, проходящую сквозь ориентирующую воронку

На луковицу действуют сила тяжести луковицы $F_T = m_L g$, сила упругости эластичных элементов $F_{упр} = kx$, сила трения луковицы об эластичный элемент $F_{тр} = f_1 m_L g$ [130].

Спроецируем силы, действующие на луковицу, на ось Y , получим уравнение следующего вида:

$$m_L g - f_1 m_L g \cos \varphi - kx \cos(90 - \varphi) = 0, \quad (3.27)$$

где f_1 – коэффициент трения луковицы с эластичным материалом с учетом характера их взаимодействия;

k – коэффициент упругости (жесткости) эластичного элемента, Н/м;

x – величина абсолютной деформации эластичного элемента (при изгибе стержня абсолютная деформация определяется стрелой прогиба), м.

Определить значение коэффициента упругости можно по формуле [124]:

$$k = \frac{ES}{l_{\text{ээ}}}, \quad (3.28)$$

где E – модуль упругости (Юнга) принимается в зависимости от материала эластичного элемента ориентирующей воронки, Па;

S – площадь поперечного сечения эластичного элемента, м^2 ;

$l_{\text{ээ}}$ – длина эластичного элемента, м.

Длину эластичного элемента можно определить из треугольника ABC по теореме Пифагора:

$$l_{\text{ээ}} = \sqrt{h_B^2 + \left(\frac{D_B^{\text{BX}} - D_B^{\text{БЫX}}}{2}\right)^2}. \quad (3.29)$$

В свою очередь величина абсолютной деформации будет равна:

$$x = \frac{d_L - D_B^{\text{БЫX}}}{2}. \quad (3.30)$$

Проведя ряд преобразований уравнения (3.23) получим:

$$f_1 = \frac{l_{\text{ээ}}}{h_B} - \frac{ES(d_L - D_B^{\text{БЫX}})(D_B^{\text{BX}} - D_B^{\text{БЫX}})}{4m_L g h_B l_{\text{ээ}}}. \quad (3.31)$$

Это выражение служит для определения коэффициента трения единичного эластичного элемента с луковицей с учетом сил, действующих на луковицу.

Используя выражения (3.27), (3.28), (3.25), (3.29) и (3.31) можно провести расчет параметров ориентирующей воронки. Методика расчета будет следующей:

- диаметр входа ориентирующей воронки D_B^{BX} определяем по выражению (3.17), после определения диаметра семяпровода;

- диаметр выходного отверстия ориентирующей воронки $D_B^{ВЫХ}$ из выражения (3.18) с учетом минимального размера высаживаемых луковиц;

- после того как будут приняты технологические параметры – шаг посадки и скорость посадочной машины, необходимо принять высоту ориентирующей воронки h_B исходя из конструктивных соображений;

- затем подставить принятые значения в выражение (3.25) и определить коэффициент f ;

- по формуле $l_{вор} = \sqrt{h_B^2 + \left(\frac{D_B^{BX} - D_B^{ВЫХ}}{2}\right)^2} + l_{кр}$ определить длину эластичного элемента с учетом длины для его крепежа $l_{кр}$;

- подобрать материал и диаметр эластичного элемента из конструктивных соображений;

- по справочной информации найти значение модуля упругости (Юнга) материала эластичного элемента E и определить его площадь поперечного сечения S ;

- по формуле (3.31) определить коэффициент трения единичного эластичного элемента с луковицей с учетом сил, действующих на луковицу f_1 ;

- количество эластичных элементов n_j определяем, используя выражение (3.26);

- далее располагаем эластичные элементы равномерно вдоль диаметра входа ориентирующей воронки. Если расположить все эластичные элементы невозможно, то следует выбрать для него другой материал или диаметр. После этого, повторить расчет, начиная с 7 пункта методики.

3.4 РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РОЛИКОВОГО КАЛИБРАТОРА С ЭЛАСТИЧНЫМИ ИНТЕНСИФИКАТОРАМИ

Разделение луковиц на фракции регламентируется ГОСТ 34306-2017 «Лук репчатый свежий. Технические условия». В соответствии с ГОСТ отклонение от фракции для луковиц 1 сорта составляет не более 1 см (40+ см), массовая доля луковиц размером менее установленного не более чем, 3 %, при этом несоответствие данному сорту не более 10 %, в т.ч. несоответствие 2 сорту 1 %.

Отклонение от фракции для луковиц 2 сорта не более 2 см (30 + см) массовая доля луковиц размером менее установленного не более чем 5 %, при этом несоответствие данному сорту не более 10 %, в т.ч. несоответствие 2 сорту 10 %.

В свою очередь, индекс формы для луковиц колеблется в интервале от 0,5 до 1,5 и определяется по выражению [24], [98]:

$$i_{\text{л}} = H_{\text{л}} / D_{\text{л}}, \quad (3.32)$$

где $H_{\text{л}}$ – высота луковицы, м;

$D_{\text{л}}$ – диаметр луковицы, м.

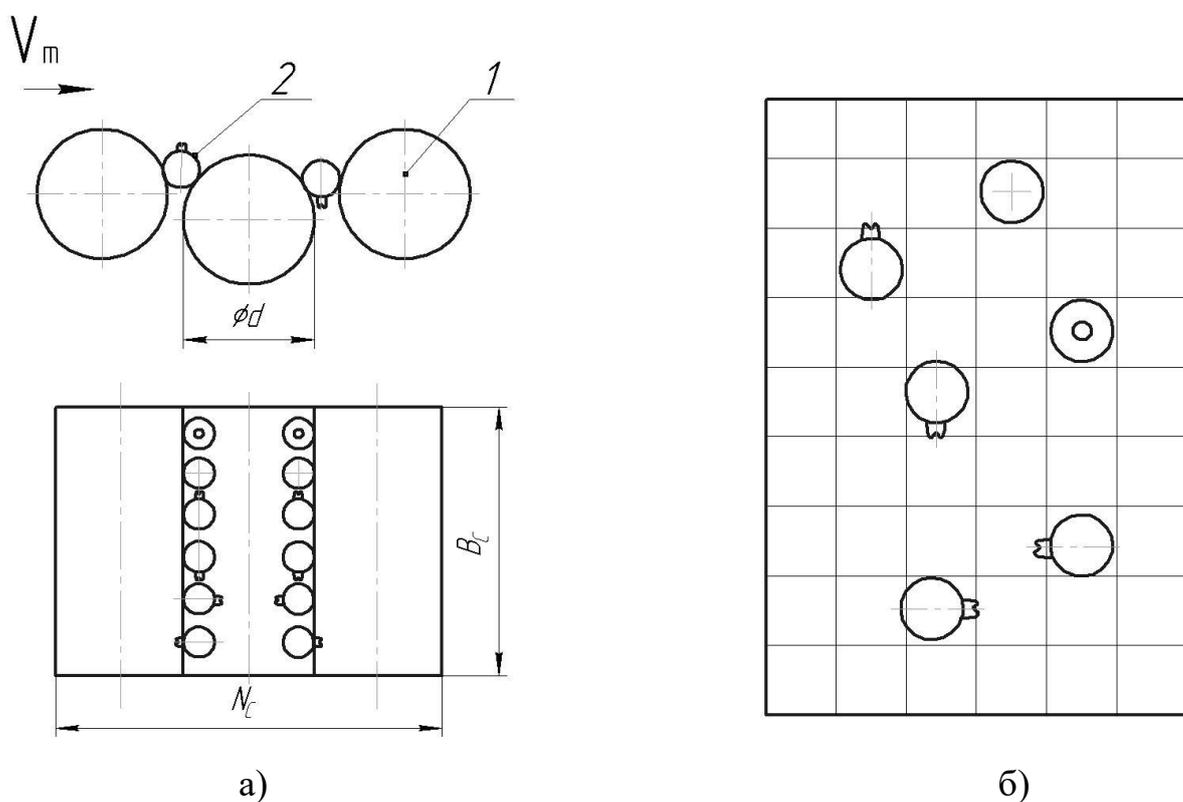
Исходя из этого для луковиц с индексом формы от 0,75 до 0,99 и от 1,01 до 1,25 возможно прохождение в калибрующее отверстие луковицы по высоте. Для определения вероятности этого события рассмотрим положение луковиц на различных калибрующих поверхностях (рисунок 3.18).

На роликовом калибраторе разделение на фракции происходит по наименьшему размеру, а на вибрационном, с квадратными калибрующими отверстиями, разделение на фракции происходит по наибольшему размеру, и поэтому при индексе больше 1 более мелкие луковицы будут попадать в крупную фракцию, а при индексе формы до 1 происходит стабильное разделение луковиц на фракции, при любом положении луковиц на калибрующей поверхности. В связи с этим точность разделения луковиц на

вибрационных калибровках выше по сравнению с радиальной, особенно на плоских и округло-плоских луковицах [103], [154].

С учетом анализа причин неточности калибрования, основным направлением совершенствования калибровальных машин является разработка адаптивных рабочих органов для ориентирования положения луковиц на калибрующей поверхности.

Для радиального калибратора необходимо добиваться расположения оси симметрии поперек направления движения роликов, а на вибрационной поверхности вертикально.



а) радиальная роликовая

б) вибрационно-решетная калибровальная машина

Рисунок 3.18 – Варианты расположения луковиц на калибровальных поверхностях: 1 – калибрующий ролик, 2 - луковица

В конструкции роликового калибратора предусмотрены чередования стационарных и подвижных роликов, причем движение подвижных роликов осуществляется строго по вертикали (рисунок 3.19), в результате чего образуется зазор между роликами, в который проходит калибруемый материал [145].

Для определения геометрического условия прохождения луковицы в образуемое щелевое отверстие $l_{\text{заз}}$ приняты допущения, что луковицы имеют форму шара диаметром $d_{\text{л}}$, крайние точки щелевого отверстия $l_{\text{заз}}$ лежат на оси между центрами вращения роликов.

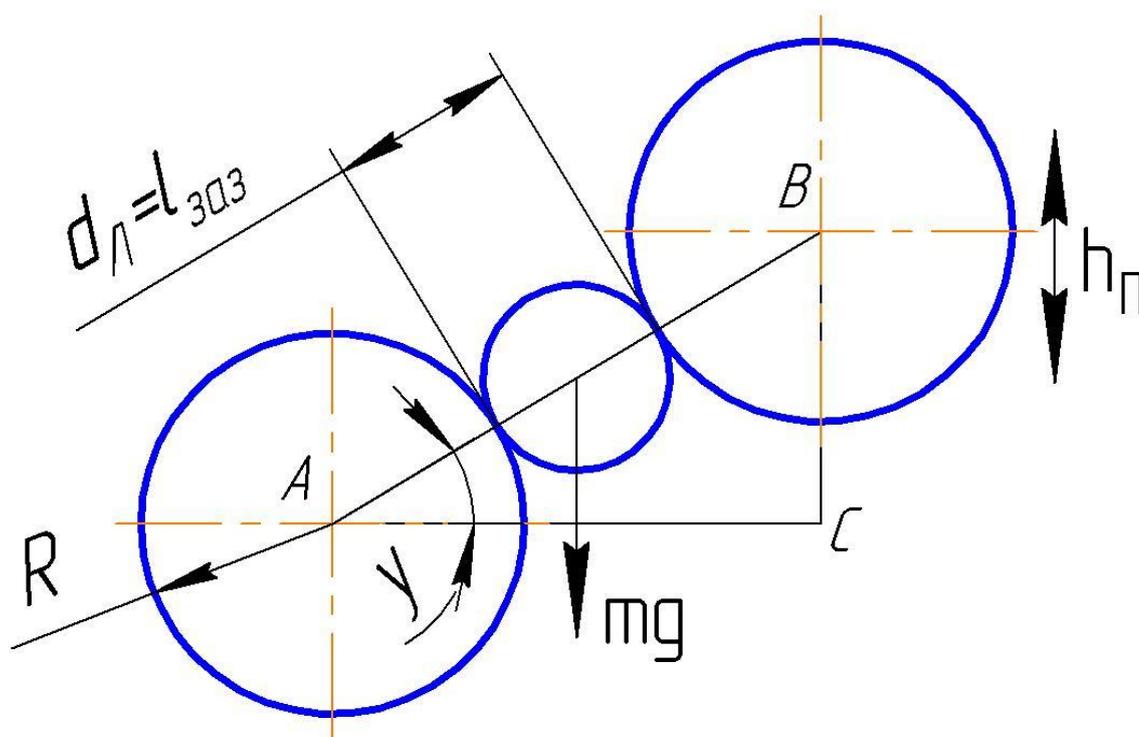


Рисунок 3.19 – Расчетная схема определения геометрического условия выделения луковицы из вороха

Для определения условия прохождения луковицы диаметром $d_{\text{л}}$ в щелевое отверстие $l_{\text{заз}}$ рассмотрим треугольник ABC, в котором AC (межосевое расстояние между роликами) является величиной постоянной и равна:

$$r_{\text{мо}} = 2R_{\text{рол}} + l_{\text{мр}}, \quad (3.33)$$

где $R_{\text{рол}}$ – радиус роликов, м;

$l_{\text{мр}}$ – минимальное расстояние между роликами, м.

Сторона треугольника ВС равна высоте подъема подвижного ролика h_n , расстояние АВ является переменной и равно:

$$r_{\text{мп}} = 2R_{\text{рол}} + l_{\text{заяз}}. \quad (3.34)$$

Для определения функциональной зависимости размера калибрующего щелевого отверстия $l_{\text{заяз}}$ от h_n запишем теорему Пифагора для треугольника АВС и выведем $l_{\text{заяз}}$:

$$l_{\text{заяз}} = \sqrt{4R_{\text{рол}}^2 + 4R_{\text{рол}}l_{\text{мр}} + l_{\text{мр}}^2 + h_n^2} - 2R_{\text{рол}}. \quad (3.35)$$

С учетом того, что прохождение луковичи проходит под воздействием силы тяжести mg под углом к горизонту γ и при действии силы трения $mg \tan \varphi$ вторым условием прохождения луковичи в щелевые отверстия запишется:

$$m_{\text{л}} g \cos \alpha > m_{\text{л}} g \tan \varphi. \quad (3.36)$$

Тогда с учетом преобразований, условие прохождения лукович в зазор примет вид:

$$\begin{cases} \cos \gamma > \tan \varphi \\ d_n < l_{\text{заяз}} \end{cases}. \quad (3.37)$$

Выполнив подстановку в систему (3.37) выражений (3.35) и определив угол γ , получим следующую математическую модель для определения параметров радиального калибратора:

$$\begin{cases} \cos \left(\arcsin \left(\frac{R_{\text{рол}} + h_n}{2R + \left(\sqrt{5R_{\text{рол}}^2 + l_{\text{нос}}^2 + h_n^2} + R_{\text{рол}}(4l_{\text{нос}} + h_n) - 2R_{\text{рол}} \right)} \right) \right) > \tan \varphi. \\ d_n < \sqrt{5R_{\text{рол}}^2 + l_{\text{нос}}^2 + h_n^2} + R_{\text{рол}}(4l_{\text{нос}} + h_n) - 2R_{\text{рол}} \end{cases} \quad (3.40)$$

Производительность калибратора в общем виде определяется по формуле [32], [122]:

$$\Pi_c = V_{\text{т}} n_{\text{л}} l_{\text{мл}}, \quad (3.41)$$

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

$n_{л}^1$ – максимальное количество луковиц на 1 погонном метре, шт;

$m_{л}$ – средняя масса одной луковицы, кг.

Максимальное количество луковиц на 1 погонном метре, исходя из схемы (рисунок 3.20), определяется по следующей формуле:

$$n_{л}^1 = \frac{B_{к}^p}{h_{л}} \cdot k_{с} \cdot N_{с}^{1m} \cdot 2, \quad (3.42)$$

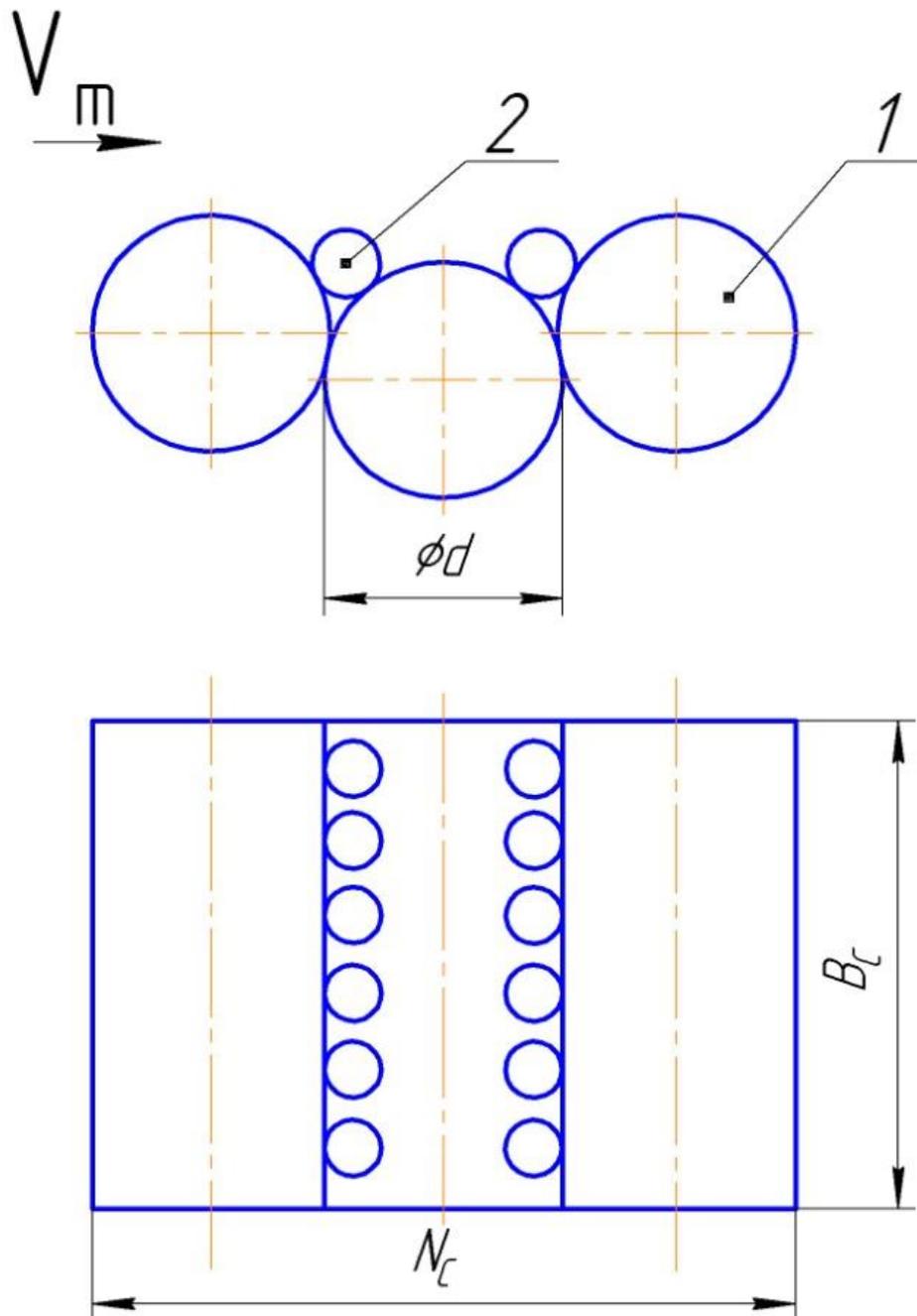


Рисунок 3.20 – Расчетная схема радиального калибратора

где B_k^p – рабочая ширина калибратора, м;

h_l – высота луковицы, м;

k_c – коэффициент учитывающий площадь, необходимую 1 луковице для свободного и устойчивого калибрования (равен 0,5-0,75);

$N_c^1 = \frac{1}{3d_p}$ – количество секций в 1 метре (т.к. секция состоит из 3х роликов).

Тогда:

$$n_l^1 = \frac{2B_c k_c}{3d_p h_l}. \quad (3.43)$$

Рабочая ширина калибратора зависит от способа его загрузки (подачи материала на рабочую поверхность):

$$B_k^p = k_z B_k, \quad (3.44)$$

где k_z – коэффициент загрузки рабочей поверхности, при ручной подаче равен 0,3, при механической периодической 0,5-0,7, при механической непрерывной до 0,9;

B_k^p – конструктивная ширина рабочей поверхности калибратора, м.

Тогда производительность роликового калибратора определится по формуле:

$$P_c = \frac{2V_T m_l B_k^p k_c}{3d_p h_l}. \quad (3.45)$$

Данное выражение учитывает размерно-массовые характеристики разделяемых материалов, в частности для луковиц это, кроме массы, диаметр и высота луковиц, что позволяет с большей точностью произвести расчет конструктивных и режимных параметров калибратора.

Рассмотрим подробнее конструкцию радиального калибратора с эластичными интесификаторами. Калибратор (рисунок 3.21) предназначен для разделения луковиц на фракции.

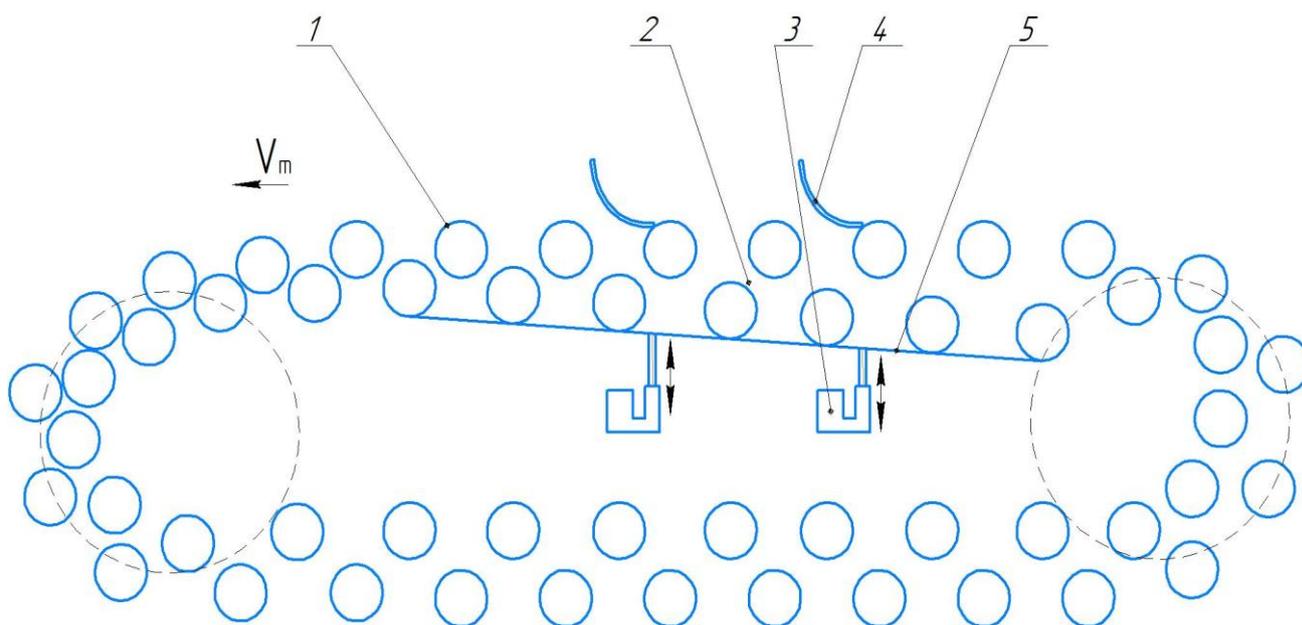


Рисунок 3.21 – Принципиальная схема роликового калибратора с эластичными интенсификаторами: 1 - калибрующий ролик; 2 – калибрующие отверстия; 3 – регулировочное устройство; 4 – эластичный интенсификатор; 5 – направляющие опоры

Калибратор представляет собой бесконечный роликовый транспортер с размещением роликов 1 в шахматном порядке. В процессе работы расстояние между роликами 1 изменяется, образуя калибрующие отверстия 2 за счет набегания нижнего ряда роликов 1 на направляющие опоры 5, положение которых регулируется устройством 3. Над калибрующими отверстиями 2 установлены эластичные интенсификаторы разделения на фракции 4, которые выполнены в виде сплошного прямоугольного экрана, изготовленного из эластичного материала (резины, гибкой пластмассы и т.д.) или в виде щетки с вертикально расположенными ворсинками. Упругость и жесткость интенсификаторов подбирается таким образом, чтобы они не повреждали поверхность луковиц, но при этом создавали достаточную силу для разворота луковиц осью симметрии поперек направления движения транспортера, что обеспечивает высокую точность разделения луковиц по фракциям независимо от их формы. Разделение на фракции осуществляется по наибольшему поперечному диаметру луковиц, поэтому для точного разделения важно, чтобы

луковицы в момент движения над калибрующими отверстиями располагались центральной осью поперек к направлению движения и соответственно наибольшим диаметром вдоль направления движения, в котором положение центра тяжести луковиц наинизшее для рассматриваемой системы.

На луковицу (рисунок 3.22) действует сила упругости интенсификатора $F_{уп}^и$, сила тяжести луковицы и интенсификатора, сила трения луковицы о ролики $F_{тр}^л$.

Фактически в процессе взаимодействия луковицы и интенсификатора, луковица должна развернуться на угол $\varphi_{ор}$ под воздействием силы упругости интенсификатора, при этом под воздействием силы трения луковица должна сохранить исходное расположение между двумя роликами, тогда условие интенсификации калибрования за счет ориентирования луковицы запишется в следующем виде:

$$\begin{cases} t_{вр}^л \geq t_{пр}^л \\ F_{тр}^л \geq F_{уп}^и \end{cases} \quad (3.46)$$

где $t_{вр}^л$ – время разворота (вращения) луковицы на угол $\varphi_{ор}$ вокруг неподвижной оси под воздействием интенсификатора, с;

$t_{пр}^л$ – время прямолинейного движения луковицы, сопровождающееся воздействием на нее интенсификатора, с.

$\gamma_{ор}$ - угол отклонения центральной оси луковицы от направления линии действия силы упругости эластичного экрана (далее угол ориентирования), град.

Тогда методика расчета интенсификатора эластичного типа для ориентирования луковиц на роликовом калибраторе будет заключаться в нахождении параметров интенсификатора из первого неравенства системы (3.46) и подстановки их во второе неравенство для проверки.

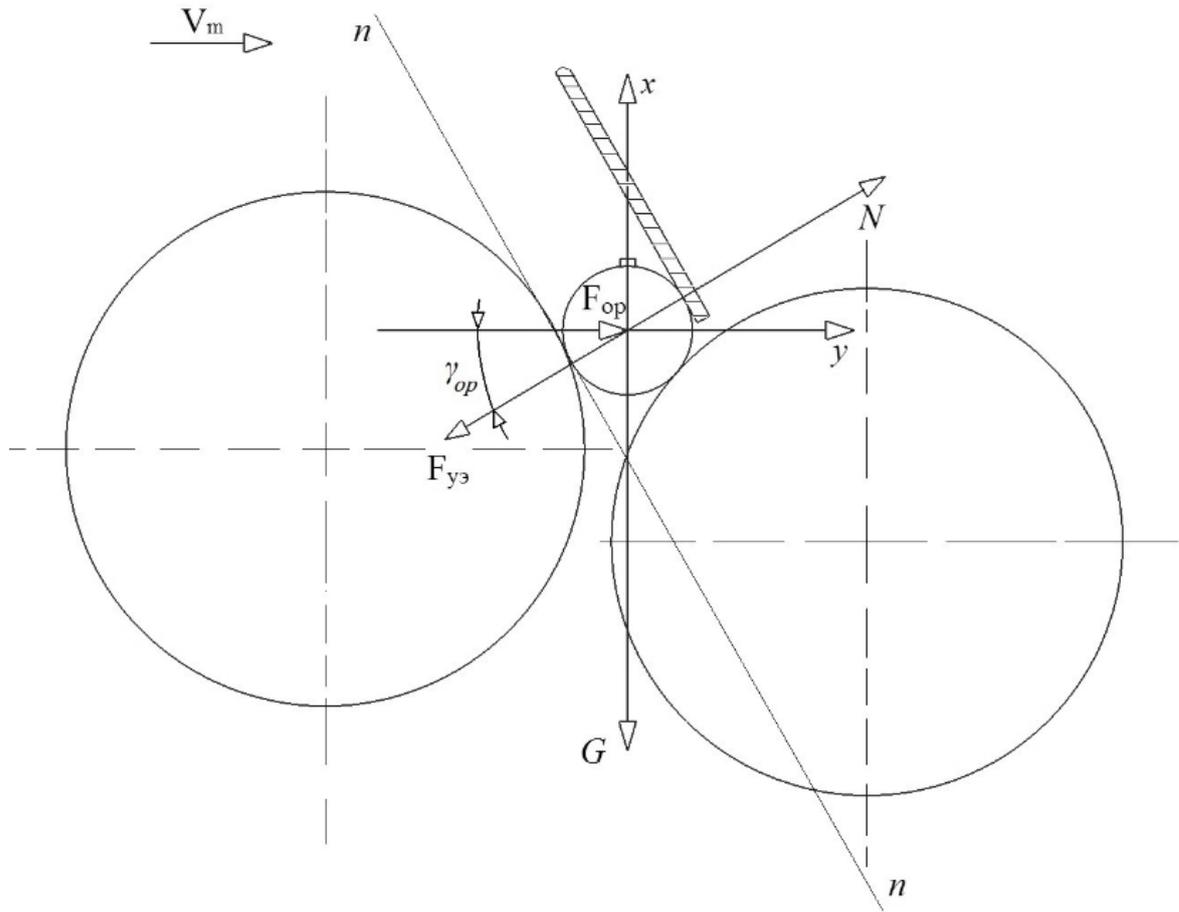


Рисунок 3.22 – Схема действия сил на луковицу, расположенную между роликами калибратора под эластичным интенсификатором

Рассмотрим случай наименее благоприятного расположения луковицы, а именно осью симметрии вдоль движения транспортера, тогда требуемый угол разворота луковицы равен π . Запишем первое неравенство для граничного значения в виде равенства, с учетом известных выражений для определения время вращения и прямолинейного движения [123]-[124]:

$$\frac{\pi}{\omega_{\text{л}}} = \frac{H_{\text{л}}}{V_{\text{Т}}}, \quad (3.47)$$

где $H_{\text{л}}$ – высота луковицы с вешкой, м;

$V_{\text{Т}}$ – линейная скорость роликового транспортера калибратора, м/с;

$R_{\text{л}}$ – радиус вращения луковицы равный половине диаметра луковицы, м;

$v_{\text{л}}$ – линейная скорость вращения луковицы вокруг своей оси, м/с.

Из выражения (3.46) скорость вращения луковицы будет равна:

$$\omega_{\text{л}} = \frac{\pi V_{\text{T}}}{H_{\text{л}}}. \quad (3.48)$$

Так как луковица совершает круговое вращение под воздействием силы упругости, то центробежная сила равна силе упругости интенсификатора, тогда с учетом определения силы упругости интенсификатора и центробежной силы вращения луковицы [123], [124], [130], а также выражения (3.46) получим следующее выражение:

$$k_{\text{и}} x_{\text{и}} = \frac{m_{\text{л}} \pi^2 V_{\text{T}}^2}{H_{\text{л}}^2} R_{\text{л}}, \quad (3.49)$$

где $x_{\text{и}}$ – величина абсолютной деформации эластичного элемента (при изгибе абсолютная деформация определяется стрелой прогиба), м.

С учетом характера взаимодействия интенсификатора и луковицы (рисунок 3.20) значение $x_{\text{и}}$ равно радиусу луковицы, а следовательно, с учетом выражения (3.48) коэффициент упругости эластичного интенсификатора равен:

$$k_{\text{и}} = \frac{m_{\text{л}} \pi^2 V_{\text{T}}^2}{H_{\text{л}}^2}. \quad (3.50)$$

Определив коэффициент упругости, подбираем материал для эластичного интенсификатора, по аналогии с эластичным элементом ориентирующей воронки раздел (см. выше).

На основе проведенных расчетов разработана конструкция роликового калибратора с эластичными интенсификаторами в ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ», который изготовлен на ООО «Агротехмаш» г. Рязань (приложения И, К, Л).

Роликовый калибратор (рисунок 3.23-3.24) предназначен для разделения луковиц на фракции. Калибрующая поверхность 1 у него представляет собой бесконечный роликовый транспортер с размещением роликов 2 в шахматном порядке. В процессе работы расстояние между роликами изменяется за счет набегания нижнего ряда роликов на направляющие 3, положение которых регулируется винтом 4.



Рисунок 3.23 – Общий вид роликового калибратора с эластичными интенсификаторами

Разделение по фракциям происходит за счет того, что, по мере продвижения роликового транспортера из начала в конец устройства, расстояние между роликами увеличивается, образуя щели, в которые проходит разделяемый продукт.

Разделенный на фракции, продукт выгрузными транспортерами 5 отводится от линии и загружается в контейнеры или в сетку.

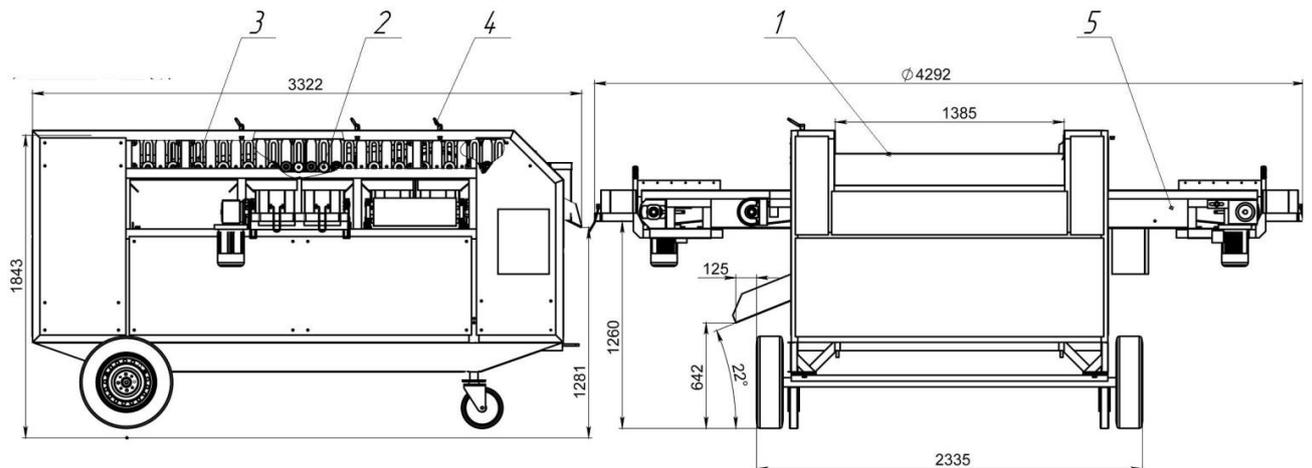


Рисунок 3.24 – Конструктивно-технологическая схема роликового калибратора с эластичными интенсификаторами: 1 - поверхность калибрующая с эластичными интенсификаторами; 2 - ролики; 3 - направляющие; 4 - винт; 5 - транспортер выгрузной

3.5 ВЫВОДЫ

1. Обоснованы и разработаны адаптивные технические средства для возделывания луковых культур, в том числе: обоснованы и разработаны конструктивные и технологические схемы и параметры машин для ленточного посева с распределителем-отражателем изотонного типа, машины для ориентированной посадки луковиц с катушечно-вилчатым высаживающим аппаратом и роликовым калибратором с эластичными интенсификаторами.

2. Получена математическая модель для обоснования параметров машины для ленточного посева, отражающая зависимость конструктивных параметров распределителя-отражателя сошника и его криволинейной поверхности (3.6-3.8). Разработана методика проектирования трехмерной модели распределителя-отражателя в КОМПАС 3D с дальнейшим его изготовлением на 3D принтере.

3. Получена математическая модель, описывающая конструкцию и работу катушки с вилчатыми захватами высаживающего аппарата машины для ориентированной посадки, которая позволяет произвести расчет основных конструктивных параметров (радиус катушки (3.16), высота стержня вилчатого захвата (3.10) и расстояние между стержнями (3.11)) для выполнения поштучной подачи луковиц из бункера в семяпровод.

4. Обоснованы конструктивные параметры ориентирующей воронки - диаметр входа ориентирующей воронки (3.17), диаметр выходного отверстия ориентирующей воронки (3.18), с учетом минимального размера высаживаемых луковиц и поправочного коэффициента (3.25) для уточнения скорости прохождения луковицы через ориентирующую воронку, зависящего от характера взаимодействия луковицы с эластичными элементами и размеров эластичного элемента боковой поверхности воронки (3.29).

Разработан алгоритм проектирования ориентирующей воронки высаживающего аппарата для посадки луковиц с учетом описанных выше выражений.

5. Для определения производительности роликового калибратора получено выражение (3.43), которое учитывает размерно-массовые характеристики разделяемых материалов, (в частности для луковиц это масса и высота луковиц) что позволяет с большей точностью произвести расчет конструктивных и режимных параметров калибратора.

Обосновано условие интенсификации калибрования (3.46) за счет ориентирования луковиц относительно калибрующих роликов с применением эластичного элемента, предельное значение коэффициента упругости которого определяется выражением (3.50).

4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗРАБОТАННЫХ АДАПТИВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛУКОВЫХ КУЛЬТУР

4.1 ПРОГРАММА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАЗРАБОТАННЫХ АДАПТИВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛУКОВЫХ КУЛЬТУР

Для решения задач, поставленных в данной работе, программа экспериментальных исследований включала:

- сравнительные исследования работы распределителей-отражателей изотонного и антитонного типа;
- лабораторные исследования влияния конструктивных параметров сошника с распределителем-отражателем для ленточного посева на равномерность распределения семян;
- лабораторно-полевые исследования опытного образца посевной машины, оснащенной сошником для ленточного посева;
- лабораторно-полевые исследования опытного образца роликового калибратора с эластичным интенсификатором;
- лабораторные исследования макетного образца катушечно-вильчатого высаживающего аппарата для ориентированной посадки лука-севка;
- лабораторно-полевые исследования опытного образца посадочной машины, оснащенной катушечно-вильчатым высаживающим аппаратом для ориентированной посадки лука-севка.

Лабораторные исследования направлены на определение рациональных и оптимальных параметров распределителя-отражателя для ленточного посева семян лука, катушечно-вильчатого высаживающего аппарата, роликового калибратора с эластичными интенсификаторами и исследование влияния отдельных факторов на качество посева семян лука, калибрования и посадки луковиц. Лабораторно-полевые исследования направлены на установление

достоверности выведенных теоретических зависимостей для определения конструктивных и режимных параметров машин, рациональных и оптимальных режимов работы опытных образцов посевной машины, оснащенной сошником для ленточного посева и посадочной машины, оснащенной катушечно-вильчатым высаживающим аппаратом для ориентированной посадки лука-севка и определение их количественных показателей работы; определение рациональных и оптимальных режимов работы опытного образца роликового калибратора с эластичным интенсификатором и определение его эксплуатационных показателей.

Исходными данными для разработки программы послужили задачи исследований, теоретические разработки и выводы, а также общая программа исследований с учетом рекомендаций С.В. Мельникова, В.В. Коновалова, А.А. Спиридонова и других [74], [86], [106], [129].

4.2 СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ СЕМЯН ОТРАЖАЮЩЕГО ТИПА МАШИНЫ ДЛЯ ЛЕНТОЧНОГО ПОСЕВА СЕМЯН ЛУКА

Цель исследований – сравнение показателей качества работы распределителей семян отражающего типа для ленточного посева с кривизной поверхности изотонного и антитонного типа.

Сравнительные исследования проводились на почвенном канале с применением сошника для ленточного посева (рисунок 4.1), состоящего из стрелчатой лапы 1, сменяемых распределителей-отражателей семян 2 семяпровода 3 и стойки сошника 4.

Лабораторные исследования проводились в соответствии с СТО АИСТ 5.6-2018 «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины посевные и посадочные. Показатели назначения и надежности. Общие требования», а также разработанной методикой проведения сравнительных исследований [170].

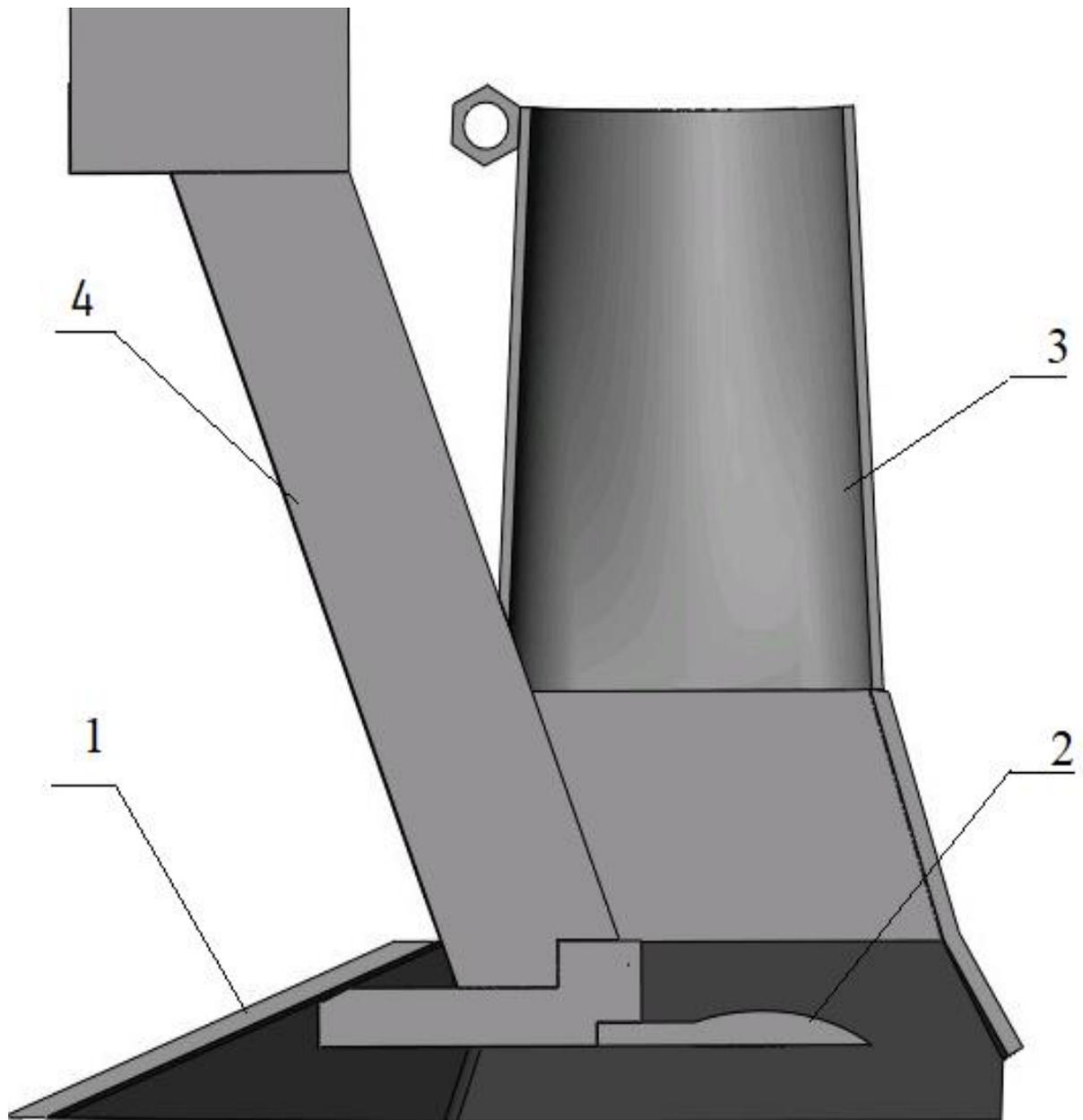


Рисунок 4.1 – Схема сошника для ленточного посева семян лука со сменными распределителями-отражатели семян: 1 – лапа стрельчатая; 2 – распределитель-отражатель; 3 – семяпровод; 4 – стойка сошника.

Исследования проводились на почвенном канале (рисунок 4.2).



Рисунок 4.2 – Почвенный стенд для проведения исследований сошника для ленточного посева семян лука: 1 – почвенный канал; 2 – тележка; 3 – исследуемый сошник; 4 – рама с механизмом регулирования положения сошника; 5 – электропривод с динамометром; 6 – пульт управления; 7 – воронка; 8 – экспериментальный распределитель-отражатель; 9 – липкая лента с учетными квадратами.

Сошник для ленточного посева устанавливается таким образом, чтобы его нижняя кромка находилась в 1-2 мм над уровнем почвенного канала, в котором уложена липкая поверхность 9 с учетными квадратными ячейками размером 2 на 2 см. Тележка 2 приводится в движение электроприводом 5. Для подачи семенного материала используется воронка 7 с подобранным сечением соответствующим свободному истечению семян лука в норме 300 шт/с, что соответствует норме высева 20 млн. шт. на 1 га. Общее управление установкой осуществляется с центрального пульта 6.

Исследуемые распределители-отражатели семян изотонного и антитонного типа имеют следующие размеры: высота - 7 мм, длина - 35 мм, ширина - 30 мм.

Опыт проводят в следующей последовательности: на кронштейне сошника в подлаповом пространстве над семяпроводом устанавливают один из исследуемых распределителей-отражателей семян лука, затем семена засыпают в воронку и приводят в движение тележку. Семена из воронки подаются в семяпровод, далее на исследуемый распределитель-отражатель семян, отражаясь от которого семена распределяются на контрольной поверхности с нанесенными на ней квадратными ячейками размером 2 на 2 см.

Сравниваемые распределители-отражатели изотонного и антитонного типа представлены на рисунке 4.3.

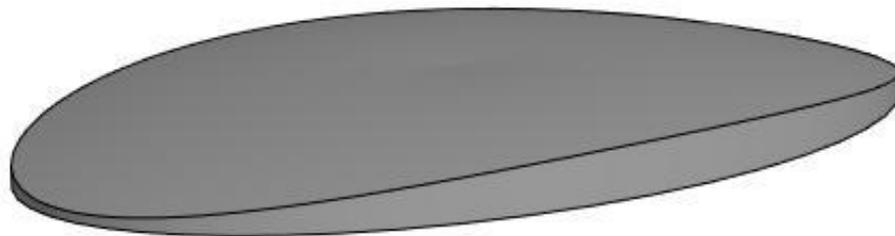
За критерий качества посева принят в соответствии с СТО АИСТ 5.6-2018 [170] и методикой Н.И. Любушко, равномерность распределения семян и процент квадратных ячеек с числом семян, равным 1 и 2 [109], [149].

Равномерность распределения семян по площади посева оценивают по коэффициенту вариации, для этого выбирают квадратные ячейки с равным числом семян, подсчитывают их число $n_{кв}$, (см. приложения М) [109], [149].

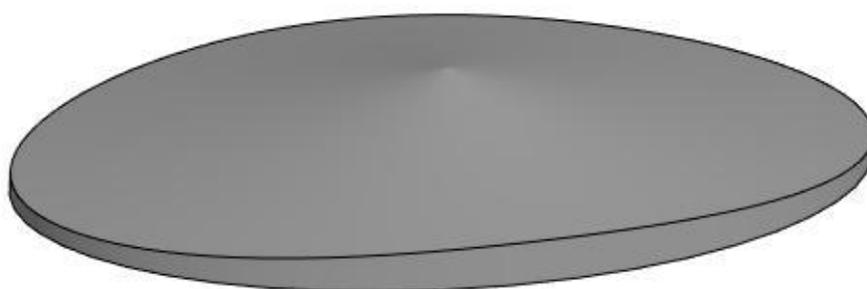
Частоту появления ячеек P_i ; определяют по выражению [40]:

$$P_i = \frac{n_i}{N_{кв}}, \quad (4.1)$$

где $N_{кв}$ - число учетных ячеек (300 штук).



а)



б)

Рисунок 4.3 – Распределители семян: а) изотонного б) антитонного типа

Среднее число семян в квадратных ячейках определяется по формуле [40]:

$$m_{\text{ср}}^{\text{с}} = \frac{n_{\text{КВ}}}{N}, \quad (4.2)$$

Результаты расчетов вариационных показателей по известным формулам [40] приведены в приложении М.

Для каждого типа распределителя опыт повторяли трижды. Число учетных квадратных ячеек в каждом повторении сто. Опыты проводились при норме высева 20 млн. шт./га, скорости движения сошника - 1,5 м/с и высоте падения семян до распределителя-отражателя - 0,5 м.

После обработки результатов сравнительных исследований распределителей семян отражающего типа для ленточного посева известными

методами статистической обработки [40] (приложение М) полученные данные представили в виде диаграммы распределения семян по площади посева для обоих типов распределителей-отражателей семян лука (рисунок 4.4), которые показывают зависимость частоты появления квадратной ячейки от количества в ней семян.

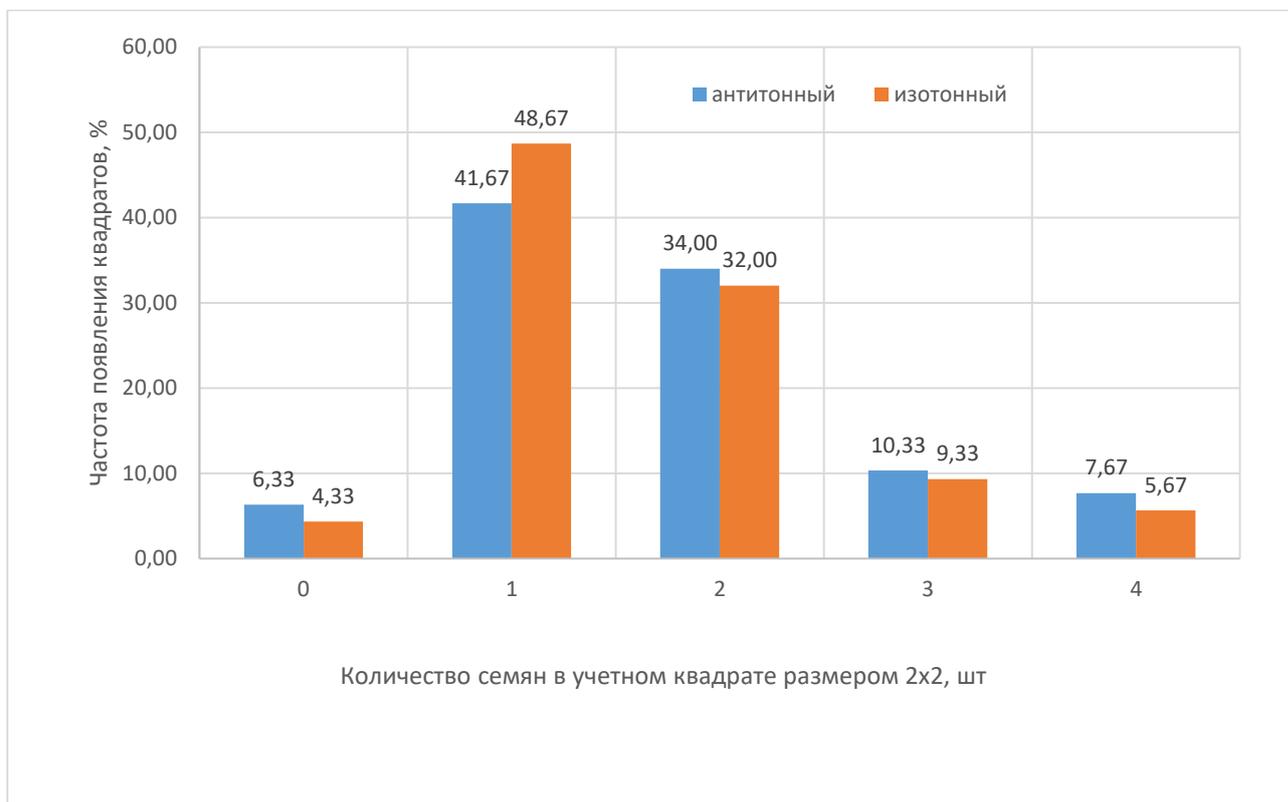


Рисунок 4.4 – Диаграмма распределения семян в зависимости от типа распределителя-отражателя

Наилучшие качественные показатели продукции достигаются при количестве семян в учетных квадратных ячейках 1 и 2, что соответствует наиболее ценным фракциям 10-14 мм и 15-22 мм лука-севка, поэтому сравнение качества работы распределителей-отражателей целесообразно проводить по частоте появления таких квадратов.

Сравнение полученных данных для распределителей-отражателей с поверхностью изотонного и антитонного типа приведены в таблице 4.1. Таким образом, для дальнейших исследований целесообразно использовать распределитель-отражатель семян с поверхностью изотонного типа.

Таблица 4.1 – Сравнение результатов исследования работы распределителей-отражателей семян

Показатели	Тип поверхности распределителя-отражателя семян	
	изотонный	антитонный
Частота квадратов с числом семян 1 шт., %	48,67	41,67
Частота квадратов с числом семян 2 шт., %	32,00	34,00
Коэффициент вариации, %	56,39	58,36
Сред.кв. отклонение, ед	0,92	1,00

Из таблицы видно, что в целом распределители-отражатели семян обоих типов поверхностей работают достаточно хорошо и сопоставимо по показателям. Однако наибольшее значение частоты квадратов с количеством семян 1 и 2 все же у распределителей-отражателей с изотонной поверхностью, что объясняется большим количеством пересечений траекторий отражения семян от антитонной поверхности, показанной в главе 3.

Исследования влияния конструктивных параметров распределителя-отражателя на равномерность распределения семян проводились в соответствии со СТО АИСТ 5.6 -2018 «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины посевные и посадочные. Показатели назначения и надежности. Общие требования», а также разработанной методикой проведения исследований. Для исследований выбран сошник посевной машины для ленточного посева со следующими параметрами: ширина захвата – 80 мм, длина 65 мм, угол раствора лапы – 90 градусов, высота подлапового пространства - 21 мм. Размеры распределителя-отражателя семян (длина - 45 и ширина - 30) принять, исходя из размеров выходного канала семяпровода и обеспечения подачи семян на вершину распределителя (рисунок 4.5).

С учетом системы уравнений (3.6)-(3.7) ширина рассева семян будет зависеть от кривизны поверхности отражателя, определяемая углом θ , который при постоянной ширине и длине распределителя семян зависит от его высоты.

В связи с этим для исследования был принят этот параметр. Исследуемый диапазон высоты распределителя 5-9 мм принят, исходя из конструктивных размеров сошника.

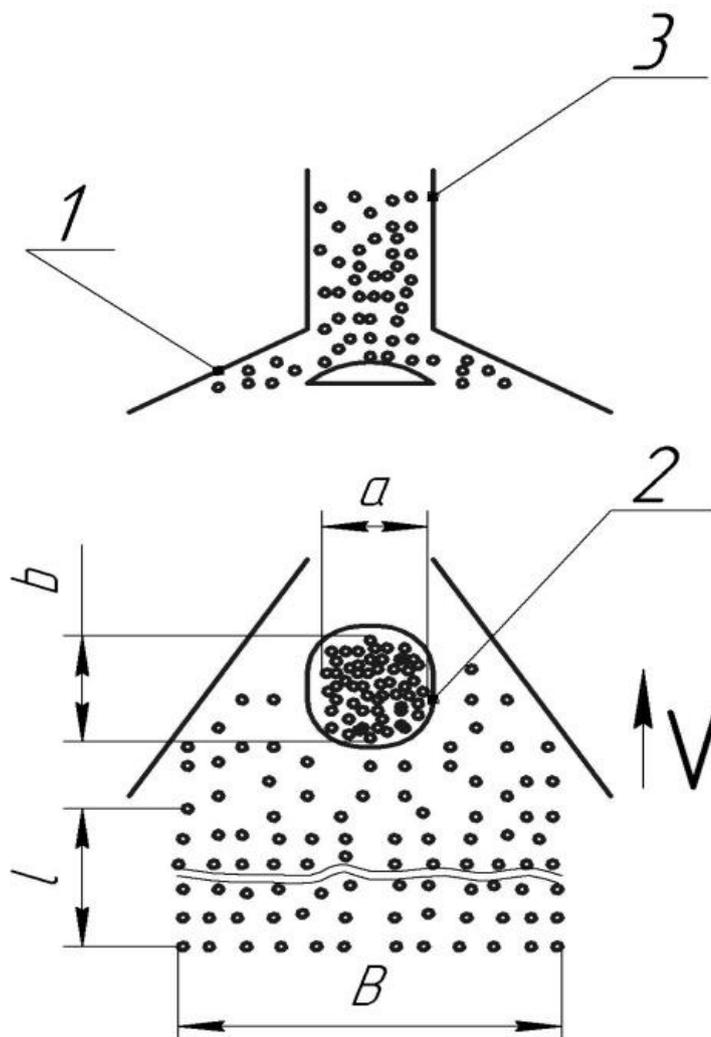


Рисунок 4.5 – Схема исследуемого сошника с распределителем семян:
1 – лапа сошника, 2 – распределитель-отражатель, 3 - семяпровод

Исследования проводились на почвенном канале (рисунок 4.2). Методика проведения эксперимента аналогична, изложенной выше. Качество посева (равномерность распределения) оценивали по коэффициенту вариации (v , %). Для исследований были изготовлены 5 распределителей-отражателей с различной высотой 5, 6, 7, 8 и 9 мм. Норма высева составляла 20 млн. шт./га, скорость движения сошника – 1,5 м/с и высоте падения семян до распределителя-отражателя - 0,5 м.

Полученные данные по влиянию конструктивных параметров распределителя-отражателя на равномерность распределения семян вносили в форму (см. приложение М). Графическое представление зависимости коэффициента вариации распределения семян в ленте от высоты распределителя-отражателя показано на рисунке 4.18.

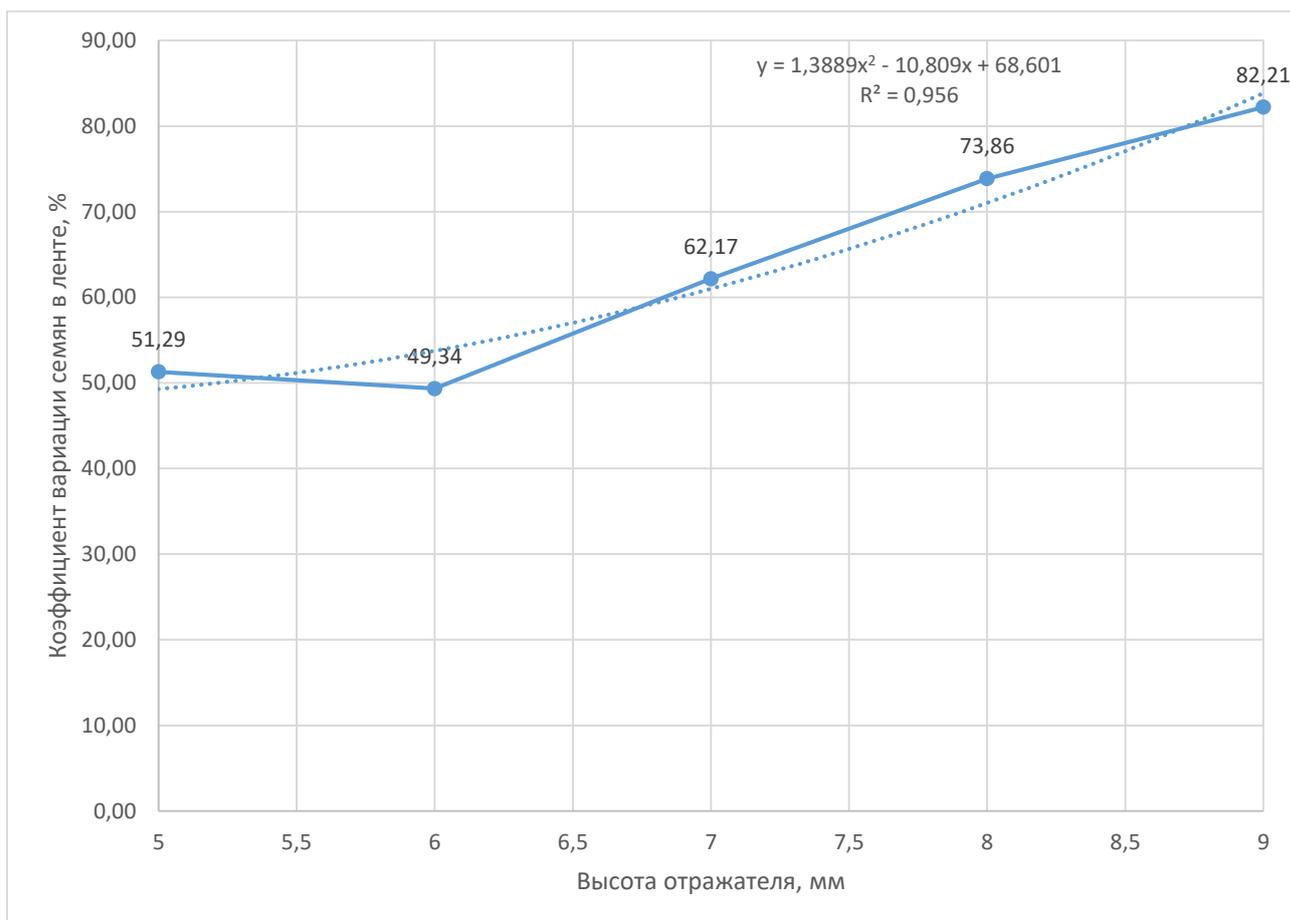


Рисунок 4.6 – Равномерность распределения семян в зависимости от высоты распределителя-отражателя

Уравнение кривой, описывающее зависимость коэффициента вариации распределения семян от высоты распределителя-отражателя имеет следующий вид:

$$v_p = 1,3889h_p^2 - 10,809h_p + 68,601. \quad (4.3)$$

Такие низкие значения равномерности, при высоте распределителя-отражателя 7-9 мм объясняется тем, что при этих значениях семена долетают до

стенок сошниковой лапы и отражение в этом случае носит хаотичный характер, что приводит к уменьшению ширины ленты до 30-40 мм и как следствие загущенному посеву.

Лабораторно-полевые исследования машины для посева семян лука, оснащенной сошником для ленточного посева направлены на установление достоверности выведенных теоретических зависимостей, рациональных и оптимальных режимов работы опытных образцов посевной машины, оснащенной сошником для ленточного посева с распределителем семян отражающего типа, и определение их количественных показателей работы (Приложение Р).

Лабораторно-полевые исследования проводились в соответствии с ГОСТ [170] в Московской области в 2016-2018 гг. на сорте «Штуттгартер Ризен» с нормой высева 80 кг/га, его характеристика приведена в таблице 4.2.

Посев проводился экспериментальным образцом посевной машиной, оснащенной сошником для ленточного посева агрегатированной с трактором МТЗ - 82.1 (рисунок 4.7). Посевная машина состоит из рамы 1, бункера 2, высевающего аппарата катушечного типа 3, семяпроводов 4, сошников для ленточного посева 5, опорно-приводных колес 6, механизма привода высевающего аппарата с редуктором 7, опорно-прикатывающего 8 и уплотняющего 9 катков, загортачей 10.

Посев проводился на выбранном ровном участке. Непосредственно перед исследованиями в почве на глубинах 0-5, 5-10 и 10-15 см определялись влажность и твердость, в соответствии с ГОСТ [41, 43, 44].

Данные результатов исследований приведены в табл. 4.2.

Предшествующая луку культура – ранняя капуста. Основная обработка почвы под зиму проводилась оборотным плугом на глубину до 30 см. Предпосевная обработка включала культивацию вертикальной фрезой на глубину до 10 см с внесением минеральных удобрений прицепным разбрасывателем типа РУМ.

Таблица 4.2 – Условия проведения лабораторно-полевых исследований

Наименование показателя	Значение показателя
	Семена лука сорта «Штутгартен Ризен»
1. Чистота семян, %	99,2
2. Влажность семян, %	12,1
3. Всхожесть семян, %	92,3
4. Масса 1000 семян, г	3,3
5. Рельеф поля (уклон) не более, град	7
6. Микрорельеф	Выровненный
7. Влажность в % по слоям, см от 0 до 5 вкл. от 5 до 10 вкл. от 10 до 15 вкл.	21 24 25
7. Твердость в МПа по слоям, см от 0 до 5 вкл. от 5 до 10 вкл. от 10 до 15 вкл.	0,3 0,7 1,0
8. Глубина взрыхленного слоя в среднем, см	8
9. Крошение взрыхленного слоя: массовая доля комков, %, не менее, по размерам, мм: до 0,25 от 1 до 10 вкл. св.10 до 25 вкл. св. 30 до 50 вкл.	19 81 - -
10. Предшествующая обработка	Культивация вертикальной фрезой на глубину 10 см.



Рисунок 4.7 – Общий вид посевного агрегата МТЗ-82.1+посевная машина, оснащенная сошником для ленточного посева с распределителем-отражателем изотонного типа

Коэффициенты вариации распределения семян в ленте определяли при скоростях посевного агрегата от 1,8 до 2,8 м/с. Фактическую скорость посевного агрегата рассчитывали после измерения времени прохождения учетной делянки.

Равномерность распределение семян лука по площади посева оценивали по коэффициенту вариации, аналогично с лабораторными исследованиями. Выбраны 3 учетные делянки по диагонали учетного участка, шириной - 1,5 м и длиной 30 м. Глубину заделки семян определяли по всходам. Для этого раскрывали борозды и измеряли расстояние от поверхности поля до семян в почве с точностью 1 мм (рисунок 4.8), для трехсот растений. По результатам измерений определяли коэффициент вариации распределения семян по глубине в 30 мм слое почвы [109].



Рисунок 4.8 – Определение глубины посева семян лука по раскрытой борозде

Для определения фактической нормы высева семян лука о посевная машина проезжала загон длиной 100 м в трехкратной повторности. Семена высевались в установленный под высевающими аппаратами поддон. Массу семян определяли на электронных весах с погрешностью 100 мг. После этого норму высева пересчитывали в кг/га по известному выражению [34].

Ширину ленты посева измеряли (рисунок 4.9) в четырехкратной повторности, с числом измерений 100 штук, с погрешностью 1 мм. Приборы и оборудование, используемые в исследованиях приведены в приложении А.



Рисунок 4.9 – Измерение ширины ленты штангенциркулем

Результаты обработки опытных данных проведения лабораторно-полевых исследований машины для посева семян лука, оснащенной сошником для ленточного посева представлены в таблице 4.3. Графическое представление зависимости коэффициента вариации от скорости посевного агрегата представлено на рисунках 4.10-4.11.

Зависимость коэффициента вариации от скорости посевного агрегата имеет следующий вид:

$$v_{\text{лп}} = 6,6037v^2 - 32,771v + 89,83. \quad (4.4)$$

На рисунке 4.10 видно, что наилучшие показатели равномерности достигаются при рабочей скорости в интервале 1,9-2,8 м/с, что соответствует значению коэффициента вариации 0,49-0,51. Причем увеличение коэффициента

вариации в большую сторону при значении меньше 1,9 и больше 2,8 носит разный характер.

Таблица 4.3 – Результаты статистической обработки данных лабораторно-полевых исследований посевной машины, оснащенной сошником для ленточного посева с распределителем-отражателем изотонного типа

Скорость посевного агрегата, м/с	Равномерность (коэф.вариации)		
	Среднее значение	Квадрат. откл	Коэф. вариации
1,53	2,06	1,14	0,55
1,86	2,14	1,11	0,52
2,22	2,07	1,02	0,49
2,58	2,13	1,06	0,50
3,17	2,11	1,10	0,52

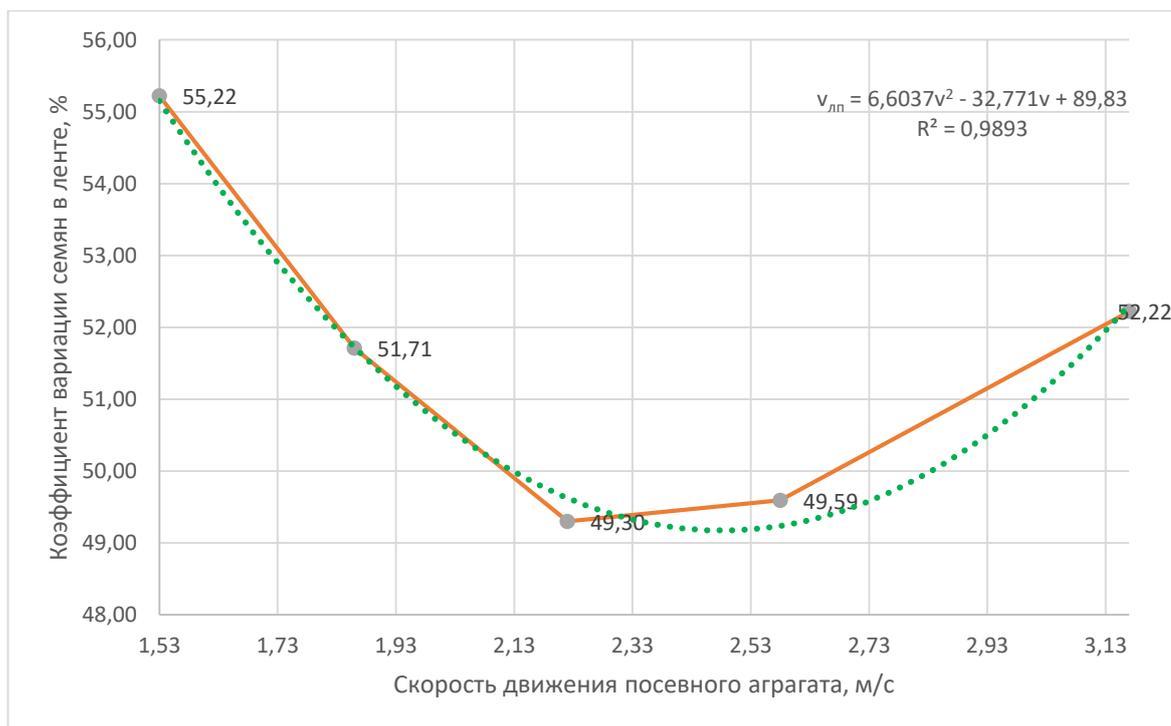


Рисунок 4.10 – Зависимость равномерности распределения семян от скорости посевного агрегата

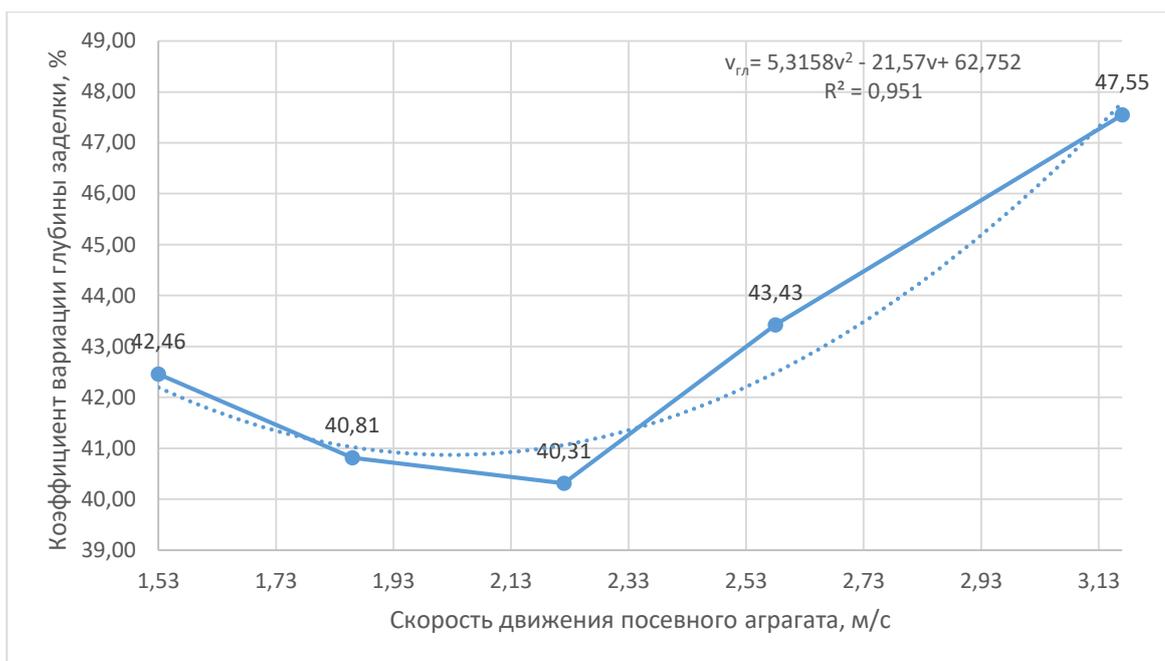


Рисунок 4.11 – Зависимость глубины заделки семян от скорости агрегата

В первом случае происходит загущение периферии ленты, что объясняется малым значением секундной подачи семян высевающим аппаратом, в результате чего большая часть семян попадает на вершину распределителя; а в соответствии с теорией распределения семян отражением от изотонной поверхности, чем ближе к вершине распределителя попадают семена, тем дальше они от нее отражаются.

Во втором случае, из-за высокой скорости движения почвенных частиц за сошником, ширина ленты уменьшалась за счет смещения семян к центру ленты.

Кроме того, при скорости выше 3 м/с возникают вертикальные вибрации посевной машины, в результате чего значительно варьировалась глубина заделки семян (рисунок 4.11).

4.3 ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА РОЛИКОВОГО КАЛИБРАТОРА С ЭЛАСТИЧНЫМ ИНТЕНСИФИКАТОРОМ МЕТОДОМ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

При проведении теоретических исследований и проектировании конструкции были использованы некоторые допущения. Поэтому полученные модели требуют проверки в реальных условиях.

Целью выполнения исследований явилось обоснование возможности применения предлагаемого опытного образца роликового калибратора с эластичным интенсификатором для калибрования луковиц на фракции, а также уточнение значений его режимных параметров в реальных условиях.

В задачи исследований входило определение зависимости точности калибрования от индекса формы луковиц, количества интенсификаторов, поступательной скорости роликового транспортера.

Для исследований последовательно использовались луковицы плоской формы с индексом 0,8, округлой формы - 1,0 и овальной - 1,2.

Исследования проводились на опытном образце роликового калибратора с интенсификатором (рисунки 4.12 – 4.13), предназначенного для разделения луковиц плоской, округлой и овальной формы на фракции.

Опытный образец роликового калибратора имеет компактную форму и состоит из сварной трубчатой рамы 1 (рисунок 4.12), роликового полотна 2, транспортёров мелкой 9 и средней 6 фракций, скатного лотка крупной фракции 3, ходовых колёс 8 и опорно-поворотных колёс 5, шкафа управления 4. При необходимости он комплектуется мешкодержателями 7 и лотком отвода примесей 10 (рисунок 4.13).



Рисунок 4.12 – Общий вид роликового калибратора с эластичным интенсификатором: 1 – рама; 2 – полотно роликовое; 3 – эластичные интенсификаторы; 4 – шкаф управления; 5 – колесо опорно-поворотное; 6 – транспортёр средней фракции; 7 – мешкодержатель; 8 – колесо ходовое; 9 – транспортёр мелкой фракции

Привод опытного образца роликового калибратора осуществляется от трехфазного переменного тока напряжением 380 В и частотой 50 Гц.

Опытный образец роликового калибратора обеспечивает отделение примесей и калибрование продукции на фракции. Отделение примесей и размер фракций задается зазорами между роликами; откалиброванный продукт попадает на отводящие транспортеры (крупная фракция поступает на скатный лоток); далее в мешки, установленные в мешкодержатели или другую тару (например, ящики); примеси также удаляются по скатному лотку.



Рисунок 4.13 – Общий вид загрузочного транспортера опытного образца калибратора с интенсификатором: 10 – скатной лоток для отходов

В соответствии с технологией производства луковых культур, калибрование луковиц производится в закрытых помещениях с регулируемым микроклиматом перед закладкой на хранение и после выемки с хранения. В связи с этим в качестве метода исследования был выбран метод планирования эксперимента, так как количество факторов окружающей среды в закрытых помещениях постоянное и их изменение регламентируется.

Данные по условиям испытаний роликового калибратора с эластичным интенсификатором представлены в таблице 4.4. Условия испытаний определены по ГОСТ 20915-2011, СТО АИСТ 10.6-2018.

Таблица 4.4 – Технические характеристики роликового калибратора

Показатель	Значение показателя	
	по НД*	по данным испытаний
		эксплуатационно-технологических
1	2	3
Вид работы	разделение корнеплодов и луковиц на фракции**	разделение луковиц (лук репка) на фракции и упаковка в мешки
Тип покрытия площадки	нет данных	бетон
Размеры площадки, м:		
- длина	нет данных	30,0
- ширина	нет данных	10,0
Наименование технологического материала, сорт	Лук репчатый	Лук репчатый «Штуттгартер Ризен»
Состав вороха, %:		
- луковицы	нет данных	99,9
- листья	15-30	0,1
- почва	до 20	0
Характеристика луковиц:		
- диаметр, мм	нет данных	51,0
- высота, мм	нет данных	60,1
- масса, г	нет данных	91,2
Качество луковиц в ворохе, %:		
- стандартные	нет данных	80,8
нестандартные:		19,2
- по размеру (менее 30 мм)	нет данных	1,7
по виду:		
- гнилые, больные, проросшие	нет данных	0
- оголенные	нет данных	17,5
- сильно поврежденные	1,5	0

Работа машин для калибрования луковиц в соответствии с ГОСТ и СТО АИСТ оценивается тремя показателями – точность калибрования (%), повреждаемость (%), потери (%), поэтому именно эти показатели выбраны в качестве критериев оптимизации, по которым будет оцениваться роликовый калибратор с эластичными интенсификаторами.

На основании априорной информации и результатов исследований физико-механических свойств лука, результатов поисковых опытов по

обоснованию конструкции калибратора, а также, исходя из задач исследования, были выявлены наиболее существенные факторы, влияющие на критерии оптимизации:

X_1 – индекс формы луковиц (i , безразмерный);

X_2 – количество интенсификаторов (n_i , шт);

X_3 – поступательная скорость роликового транспортера (V_T , м/с).

Анализ реальных границ значений выбранных факторов позволил выбрать область исследований. Прогнозируемая область оптимума и ориентировочные границы почти стационарной зоны: $X_1 = 0,8..1,2$, $X_2 = 1..3$ шт, $X_3 = 0,2..0,6$ м/с. Для получения адекватной модели, детально изучалась поверхность отклика, ограниченная значениями указанных факторов, представленных в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Факторы и область их исследования

Фактор	Обозначение	Уровень реального значения фактора			Код	Уровень кодированного значения фактора		
		Нижний	Основной	Верхний		Нижний	Основной	Верхний
Индекс формы луковиц, м	i	0,9	1,2	1,5	X_1	-1	0	+1
Количество интенсификаторов, шт.	n_i	1	2	3	X_2	-1	0	+1
Поступательная скорость, м/с	V_T	0,2	0,5	0,8	X_3	-1	0	+1

Методика исследований роликового калибратора с эластичным интенсификатором методом планирования эксперимента принята и выполнена в соответствии со следующими источниками [106, 129].

Целью исследования является получение уравнения регрессии, описывающего процесс калибрования луковиц на опытном образце роликового калибратора с эластичным интенсификатором, то есть получения зависимостей между индексом формы луковиц, количества интенсификаторов, поступательной скоростью роликового транспортера и точностью калибрования.

В качестве математической модели процесса принята следующая квадратичная функция:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 \quad (4.5)$$

Для отыскания оптимума (почти стационарной области) нами был использован метод крутого восхождения по поверхности отклика [106, 129].

Для дальнейшего более тщательного изучения области оптимума строили план 2-го порядка. Для реализации нами принят некомпозиционный план второго порядка Бокса-Бенкина [129]. Матрица некомпозиционного плана второго порядка для трех факторов представлена в таблице 4.6.

Адекватность модели второго порядка проверяли с помощью критерия Фишера F [106, 129]:

$$F = \frac{S_{LF}^2}{S_y^2}, \quad (4.6)$$

где S_{LF}^2 – дисперсия неадекватности математической модели;

S_y^2 – дисперсия ошибки опыта.

Дисперсия неадекватности математической модели определяется по формуле [129]:

$$S_{LF}^2 = \frac{m \sum_{u=1}^N (\bar{y}_u - \hat{y}_u)^2}{N - k - 1}, \quad (4.7)$$

где m – число повторностей опыта ($m = 3$);

\bar{y}_u – среднее значение критерия оптимизации по результатам опытов, u-й строке, %;

\hat{y}_u – расчетное значение критерия оптимизации в u-й строке, %;

N_0 – количество опытов ($N_0 = 15$);

k – число факторов в матрице плана ($k = 3$).

Дисперсия ошибки опыта определяется по формуле [129]:

$$S_y^2 = \frac{\sum_{u=1}^N \sum_{i=1}^m (y_{iu} - \bar{y}_u)^2}{N(m-1)}. \quad (4.8)$$

где y_{iu} - значение критерия оптимизации в i-м опыте, в u-й строке, %.

Таблица 4.6 – Таблица исследуемых факторов с уровнями варьирования в закодированном виде

Обозначение	Факторы		
	Индекс формы луковиц, м	Количество интесификаторов, шт.	Поступательная скорость роликового транспортера, м/с
	X_1	X_2	X_3
1	1	1	0
2	-1	-1	0
3	1	-1	0
4	-1	1	0
5	1	0	1
6	-1	0	-1
7	1	0	-1
8	-1	0	1
9	0	1	1
10	0	-1	-1
11	0	1	-1
12	0	-1	1
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0

Значимость коэффициентов регрессии рассчитывается по t-критерию, путем нахождения доверительного интервала для каждого коэффициента регрессии по формуле [129]:

$$\Delta b_i = \pm \frac{t \cdot S_y}{\sqrt{N_i}}. \quad (4.9)$$

При получении адекватной математической модели второго порядка необходимо определить координаты оптимума и изучить свойства поверхности в окрестностях оптимума. Для этого производим каноническое преобразование полученных математических моделей. Для анализа и систематизации, уравнение второго порядка приводим к канонической форме [129]:

$$Y_T - Y_S = B_{11}X_1^2 + B_{22}X_2^2, \quad (4.10)$$

где Y_T – значение критерия оптимизации;

Y^S – значение критерия оптимизации в оптимальной точке;

X^1, X^2 – новые оси координат;

B^{11}, B^{22} – коэффициенты регрессии в канонической форме.

При каноническом преобразовании уравнений производили перенос начала координат в новую точку S и поворот старых осей на некоторый угол α_n в факторном пространстве, в результате чего исчезают линейные члены и изменяется значение свободного члена. Чтобы осуществить перенос начала координат в особую точку поверхности отклика, дифференцировали функцию отклика по каждой переменной и, приравняв к нулю частные производные, решали полученную систему уравнений, то есть находили значения факторов, оптимизирующие величину критерия оптимизации.

Для определения коэффициентов в канонической форме решали характеристическое уравнение [129]:

$$f(B) = \begin{vmatrix} (b_{11} - B) & \frac{1}{2}b_{12} \\ \frac{1}{2}b_{12} & (b_{22} - B) \end{vmatrix} = B^2 - (b_{12} + b_{22})B + (b_{11}b_{12} - \frac{1}{4}b_{12}^2) = 0. \quad (4.11)$$

Угол поворота α_{Π} старых осей координат определяли из выражения [129]:

$$\operatorname{tg} 2\alpha_{\Pi} = \frac{b_{ij}}{b_{ii} - b_{jj}}. \quad (4.12)$$

После канонического преобразования и определения вида поверхности отклика проводили её анализ с помощью двухмерных сечений. Для этого, придавая различные значения критерию оптимизации в каноническом уравнении, строили серию кривых равного выхода (изолиний) в области допустимых значений варьирования независимых переменных. Рассмотрение двухмерных сечений дает наглядное представление о значениях критерия оптимизации, которые он принимает при варьировании уровней каждой пары факторов.

Исследования проводились в марте 2017 г. на экспериментальном производстве ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ» в закрытом помещении при температуре 18 градусов и влажности 55 %. Используемый материал лука хранился по холодной технологии, к месту исследований доставлен в сетках по 40 кг.

Для каждого сорта с различным индексом формы последовательно менялось количество интенсификаторов и поступательная скорость в соответствии с принятым планом таблицы 4.6.

В каждом эксперименте использовалось не менее 200 кг лука, весь лук использовался однократно, повторность эксперимента трехкратная, в таблицу вносились средние значения исследуемых критериев оптимизации по трем экспериментам.

Луковицы калибровались по 3 фракциям: 30-40 мм, 40-70 мм, 70+ мм; после прохождения через калибратор они загружались в сетку.

Для определения точности, луковицы измерялись штангенциркулем и делились на две части - соответствующие измеряемой фракции и несоответствующие; затем взвешивали луковицы, соответствующие измеряемой фракции ($m_{\text{ли}}$) и выходящие за установленный интервал ($m_{\text{ли}\pm 1}$);

затем считали точность калибрования отдельной фракции (%) i по формуле [49]:

$$T_{\phi i} = \frac{m_{ли}}{m_{л\pm i}}. \quad (4.13)$$

Точность калибрования машины в целом оценивалась как среднее значение по трем фракциям.

Кроме этого измерялись потери и повреждаемость по машине в целом. Потери определялись как соотношение массы кондиционных луковиц к массе откалиброванного материала, этот показатель, в соответствии с ГОСТ 51783 не должен превышать 1 %.

Повреждаемость определялась визуально; к поврежденным относились оголенные и смятые (потерявшие исходную форму) луковицы, масса таких луковиц к массе откалиброванного материала не должна превышать 3 %.

Результаты лабораторно-полевых исследований опытного образца роликового калибратора с эластичным интенсификатором

Результаты лабораторно-полевых исследований опытного образца роликового калибратора с эластичным интенсификатором методом многофакторного эксперимента приведены в таблице 4.7.

В результате реализации многофакторного эксперимента получено уравнение регрессии:

$$T = 91,2463 - 5,375i + 2,5463i^2 + 6,9917n_{и} - 1,0458n_{и}^2 + 1,8565V_T - 6,8982V_T^2 - 0,833in_{и} + 1,9444iV_T - 1,6667V_Tn_{и}. \quad (4.14)$$

Для анализа лабораторно-полевых исследований строили поверхности отклика критерия оптимизации в зависимости от исследуемых факторов (рисунки 4.13-4.15).

Поверхность, характеризующая точность калибрования в зависимости от индекса формы луковиц и количества интенсификаторов калибратора, описывается следующим уравнением:

$$T = 91,0231 - 5,6763i + 3,0769i^2 + 5,9673n_{и} - 1,0458n_{и}^2 - 0,833in_{и}. \quad (4.15)$$

Таблица 4.7 – Результаты реализации некомпозиционного плана второго порядка Бокса-Бенкина

Номер серии опыта	Фактор			Значение критерия оптимизации
	индекс формы луковицы	Количество интенсификаторов, шт.	Поступательная скорость транспортера, м/с	Точность сортирования, %
	X_1	X_2	X_3	Y
1	1,5	3	0,5	94,7
2	0,9	1	0,5	93,1
3	1,5	1	0,5	93,4
4	0,9	3	0,5	95,4
5	1,5	2	0,8	92,6
6	0,9	2	0,2	96,9
7	1,5	2	0,2	96,8
8	0,9	2	0,8	92
9	1,2	3	0,8	92,5
10	1,2	1	0,2	93,1
11	1,2	3	0,2	96,2
12	1,2	1	0,8	91,4
13	1,2	2	0,5	95,5
14	1,2	2	0,5	94,6
15	1,2	2	0,5	94,8

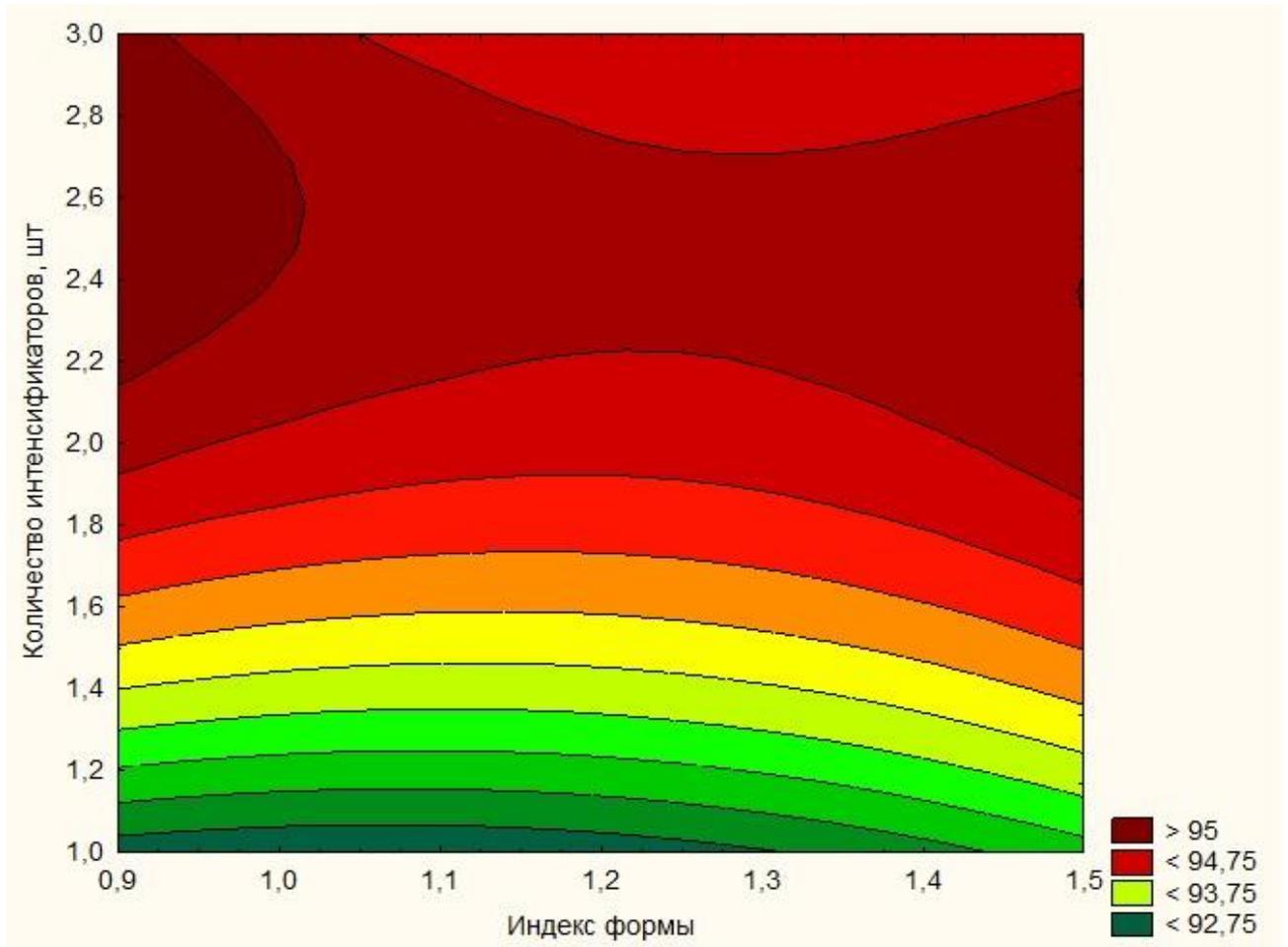


Рисунок 4.13 – График поверхности отклика точности калибрования в зависимости от индекса формы луковиц и количества интенсификаторов калибратора

Поверхность, характеризующая точность калибрования в зависимости от скорости транспортера и количества интенсификаторов калибратора, описывается следующим уравнением:

$$T = 88,4845 + 6,0622n_{и} - 1,0635n_{и}^2 + 4,3857V_{т} - 7,094V_{т}^2 - 1,6667V_{т}n_{и}. \quad (4.16)$$

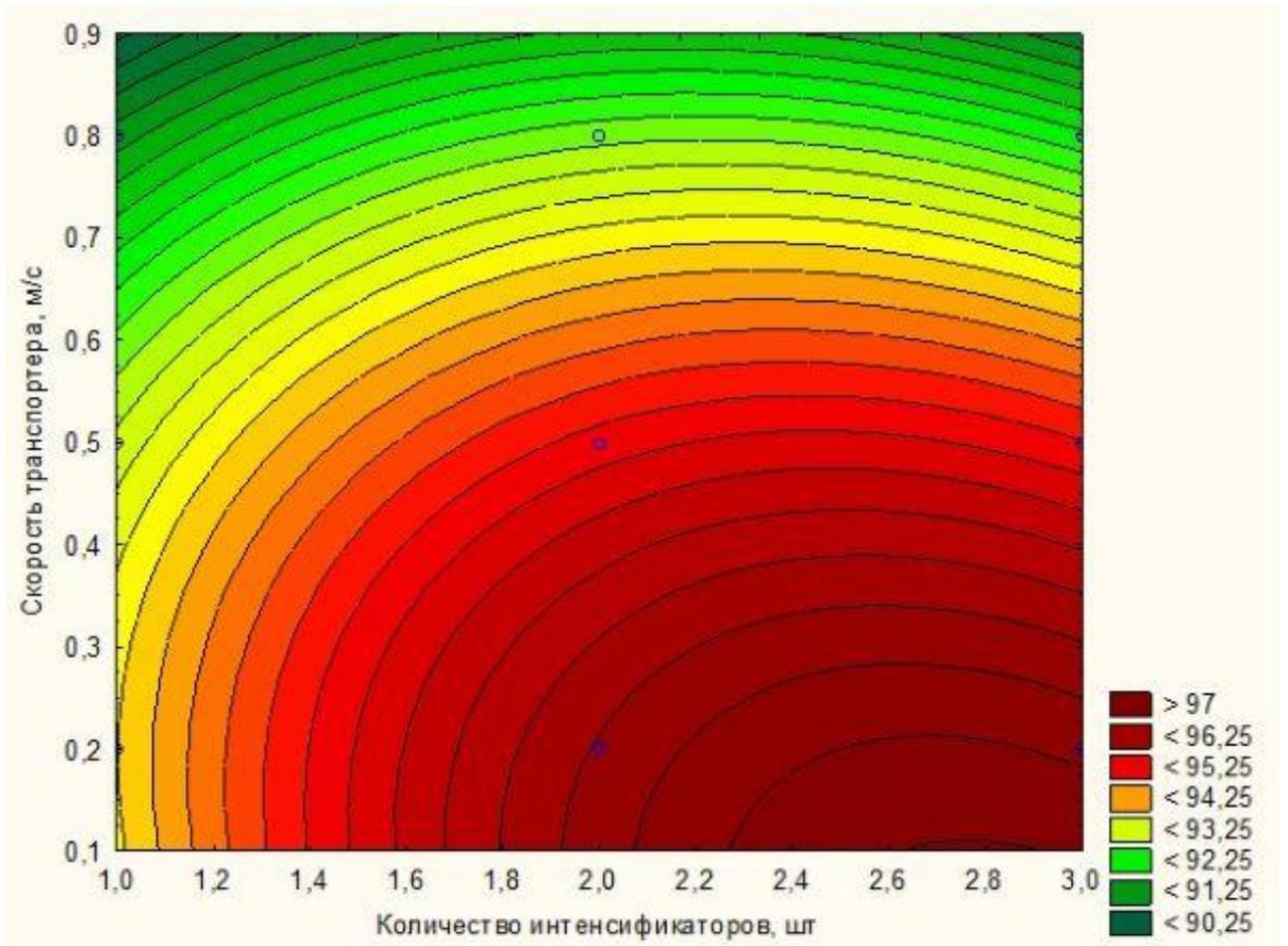


Рисунок 4.14 – График поверхности отклика точности калибрования в зависимости от скорости транспортера и количества интенсификаторов калибратора

Анализ поверхностей отклика показывает, что луковицы с индексом формы 1,0 более адаптивны к изменению других факторов и имеют высокие значения точности калибрования на всех исследуемых режимах. Повышению точности калибрования также способствует увеличение количества интенсификаторов, однако при их количестве более двух увеличивается процент оголенных луковиц; в результате рационально принято количество интенсификаторов равное двум. Оптимальное значение скорости транспорта соответствует 0,2-0,3 м/с, при этом точность калибрования достигает максимального значения 97 %.

Поверхность, характеризующая точность калибрования в зависимости от скорости транспортера и индекса формы луковиц, описывается следующим уравнением:

$$T = 101,9134 - 9,187i - 3,4402i^2 - 2,3707V_T - 6,0043V_T^2 - 1,9444V_T i. \quad (4.17)$$

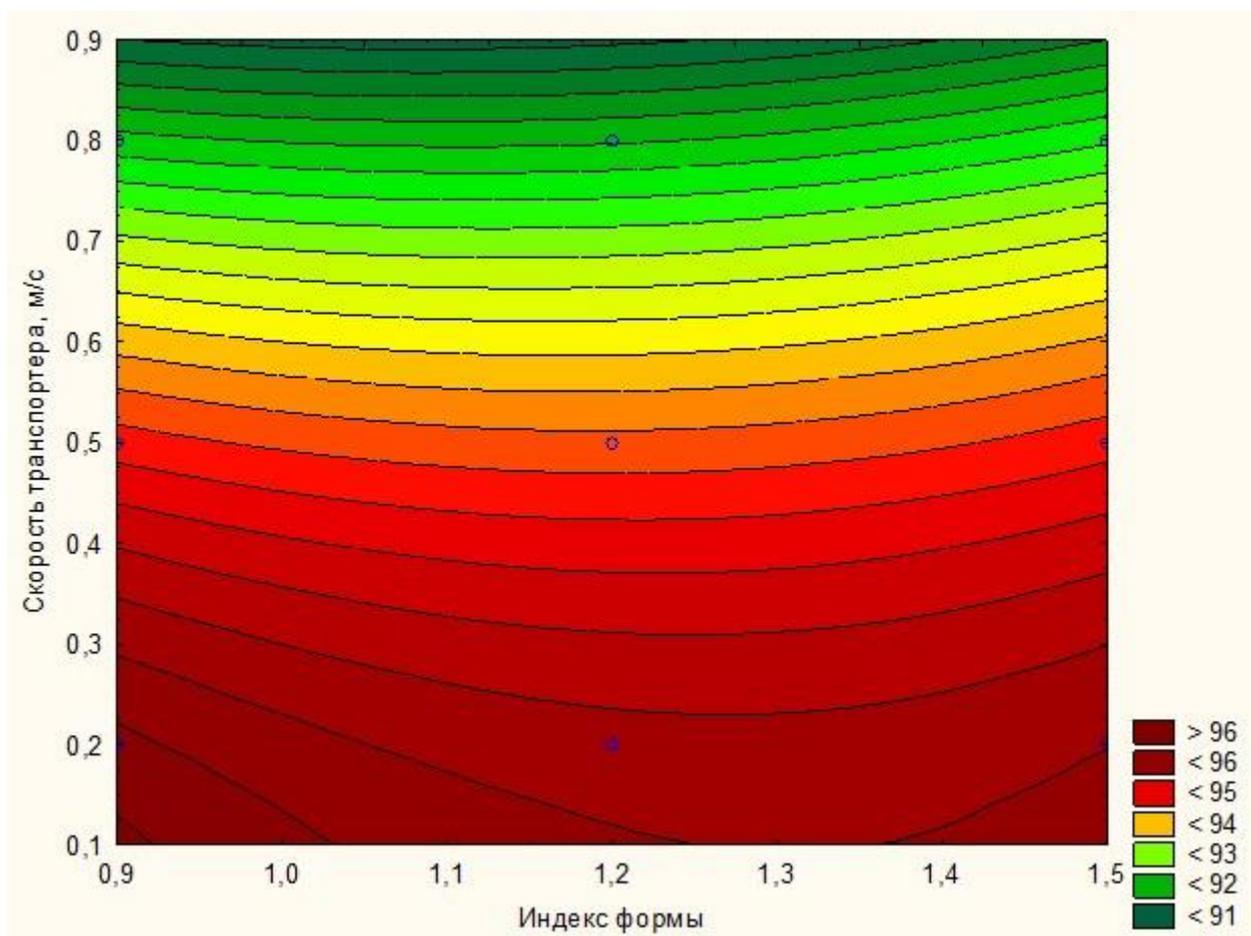


Рисунок 4.15 – График поверхности отклика точности калибрования в зависимости от скорости транспортера и индекса формы луковиц

Целью лабораторно-полевых исследований калибратора с эластичными интенсификаторами являются установление достоверности выведенных теоретических зависимостей, определение рациональных и оптимальных режимов работы калибратора и его эксплуатационно-технологическая оценка.



*Рисунок 4.16 – Опытный образец линии для послеуборочной обработки лука с роликовым калибратором, оснащенный эластичными интенсификаторами
1 – приемный бункер; 2 – загрузочный конвейер; 3 – отделитель примесей; 4 – переборочный стол; 5 – калибратор с эластичными интенсификаторами*

Исследования проводились в 2017 г. в ЗАО «Красный октябрь» Ростовской области в закрытом помещении при температуре 16 градусов, влажности 65 %. Лук к линии доставлялся после уборки и дозревания на поле, условия проведения представлены в таблице 4.8.

Для лабораторно-полевых исследований спроектирована линия для послеуборочной доработки, предпосадочной и товарной подготовки лукович в хранилищах; включающая в себя опытный образец калибратора с эластичными интенсификаторами (рисунок 4.16), изготовленный в ООО «Агротехмаш» (г. Рязань).

Применяемые для измерений приборы и оборудования приведены в приложении А.

Условия проведения испытаний соответствовали требованиям сельскохозяйственного производства и характеризовались присутствием в ворохе оголенных луковиц – 17,5% и почвы – 3,0 %.

Таблица 4.8 – Условия лабораторно-полевых исследований роликового калибратора с эластичными интенсификаторами

Показатель	Значение показателя	
	по НД*	по данным испытаний
		эксплуатационно-технологических
Вид работы	Разделение луковиц на фракции	разделение луковиц (лук репка) на фракции и упаковка в мешки
Тип покрытия площадки	нет данных	бетон
Размеры площадки, м:		
- длина	нет данных	60,0
- ширина	нет данных	20,0
Наименование технологического материала, сорт	лук репка	лук репка, «Геркулес» (индекс формы 1,3-1,4)
Состав вороха, %:		
- луковицы	нет данных	85,8
- листья	15-30	10,2
- почва	до 20	3,0
Характеристика луковиц:		
- диаметр, мм	нет данных	46,0
- высота, мм	нет данных	58,4
- масса, г	нет данных	88,1
Качество луковиц в ворохе, %:		
- стандартные	нет данных	80,8
нестандартные:		19,2
- по размеру (менее 30 мм)	нет данных	1,7
по виду:		
- гнилые, больные, проросшие	нет данных	0
- оголенные	нет данных	17,5
- сильно поврежденные	1,5	0

По результатам лабораторных исследований количество интенсификаторов принято двум, скорость изменялась в интервале от 0,2 до 0,6 м/с. Скорость транспортера изменялась передаточным числом и контролировалась с помощью секундомера и рулетки, измерением времени прохождения выбранного и помеченного ролика - расстояние в 2 метра в трехкратной повторности.

В каждом эксперименте используется не менее 400 кг лука, который загружается в приемный бункер 1 (рисунок 4.16), откуда он загрузочным конвейером 2 последовательно подается на отделитель примесей 3, переборочный стол 4 и на калибратор 5, на котором разделяется на 3 фракции и загружается в сетки, при этом весь лука используется однократно, повторность эксперимента трехкратная; в таблицу вносились средние значения исследуемых критериев работы по трем экспериментам.

Качество работы оценивалось по производительности и точности калибрования, а также по потерям и повреждению луковиц, определяемых по методике, описанной выше.

В процессе лабораторно-полевых исследований роликового калибратора с эластичными интенсификаторами на опытном образце линии для послеуборочной обработки лука происходило разделение лука репки на фракции (мм) 30+, 40+, 70+ и отходы. В фракцию 30+ отсортировывались луковицы диаметром от 30мм и выше, в фракцию 40+ соответственно от 40мм и выше, в фракцию 70+ соответственно от 70мм и выше. В отходы отсортировывались луковицы диаметром до 30мм и прочие отходы. Результаты лабораторно-полевых исследований представлены в приложении и на рисунках 4-18-4.19.

Наилучшее значение точности калибрования составила 97 % при поступательной скорости транспортера 0,21 м/с и производительности калибратора 5,1 т/ч (рисунок 4.18-4.19), что по ГОСТ 34306-2017 «Лук репчатый свежий. Технические условия» соответствует 1 сорту, при поступательной скорости транспортера 0,29-0,43 м/с и производительности

калибратора 6,5-7,9 т/ч, точность калибрования соответствует 2 сорту и доходит до 96 %, при дальнейшем увеличении скорости транспортера точность калибрования снижается ниже допустимых значений.

Повреждение луковиц составило 0,8% (не более 3% по требованиям ГОСТ). Увеличение оголенных луковиц по фракциям не отмечается, величина осталась прежней, как в исходном ворохе (17,5%). Машиной не производилось повреждение луковиц в виде оголения. Потери в процессе работы отсутствовали.

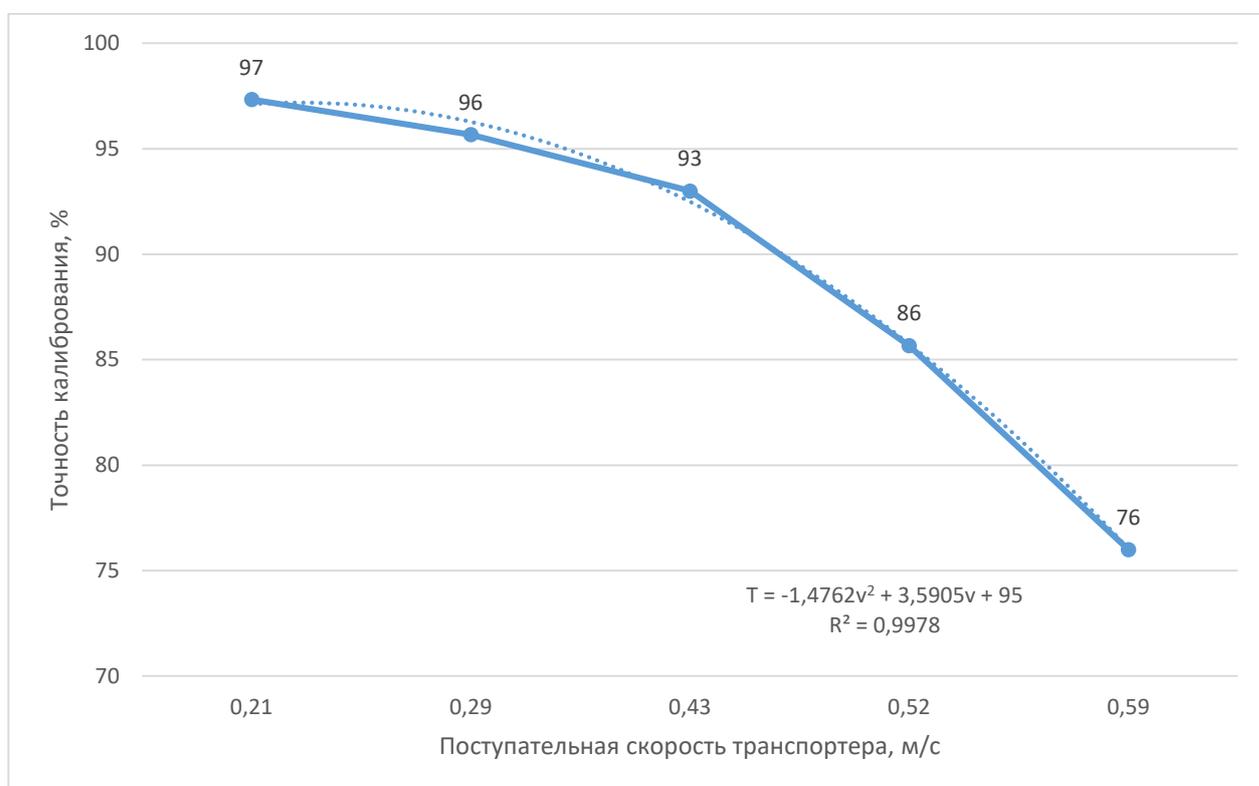


Рисунок 4.18 – График зависимости точности калибрования от поступательной скорости транспортера

В 2019 г. роликовый калибратор с эластичными интенсификаторами прошел испытания на Владимирской МИС. (приложение Н). Эксплуатационно-технологическая оценка калибратора роликового, предназначенного для послеуборочной доработки, предпосадочной и товарной подготовки корнеплодов и луковиц в хранилищах, проведена на товарной подготовке к

продаже лука репки – разделении луковиц лука репки на фракции и упаковки их в мешки.

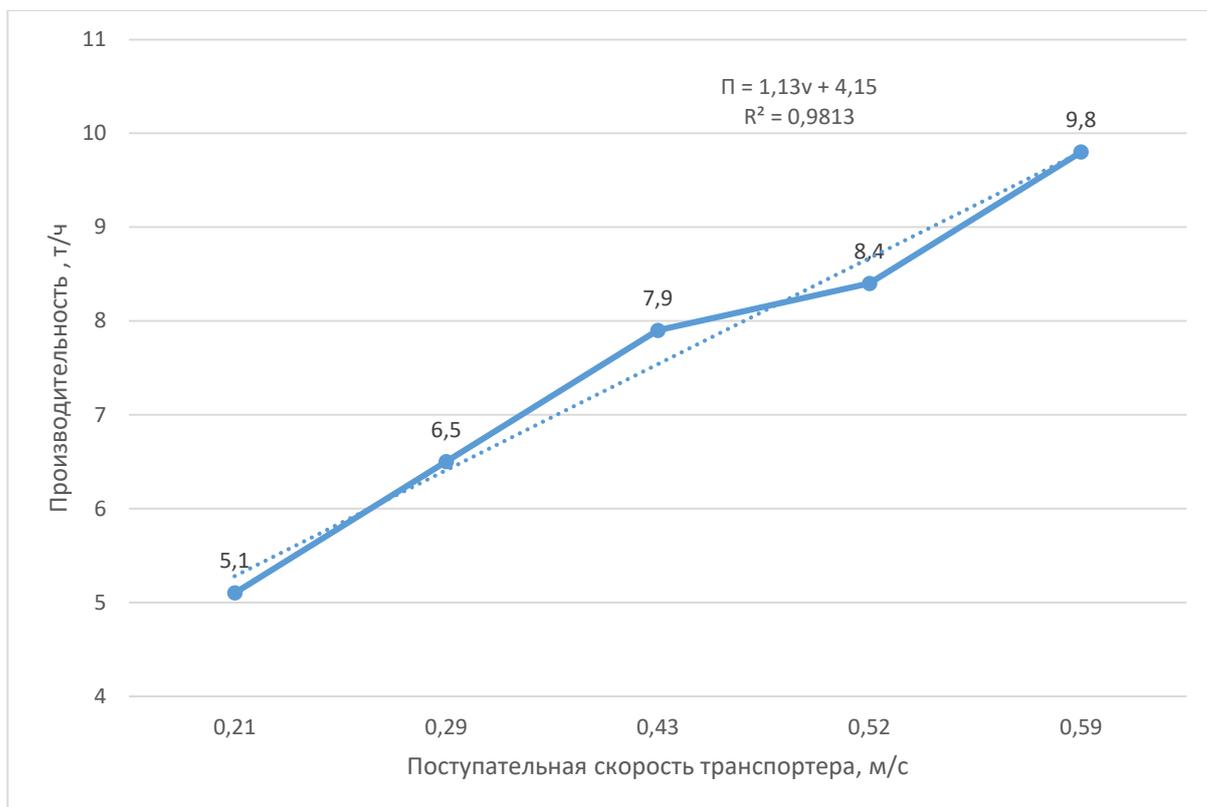


Рисунок 4.19 – График зависимости производительности от поступательной скорости транспортера

Проверка работоспособности калибратора выполнялась на скорости движения роликового полотна 0,3 м/с и полотен отводных транспортеров 0,17 м/с. Режимы работы калибратора оставались постоянными, производительность составила 6,9 т/ч.

Коэффициент использования сменного времени составил 0,91. Затраты на технологическое обслуживание (установка мешков в начале работы) незначительны и составляют 0,12 %, дальнейшая замена мешков происходила без остановки линии. Затраты на проведение ежесменного технического обслуживания составили 1,25 % в балансе времени смены. Удельный расход электроэнергии калибратором за сменное время получен 0,12 кВт·ч/т.

Точность калибрования составила 100 %, потери и повреждения отсутствуют.

4.4 ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА ВЫСАЖИВАЮЩЕГО АППАРАТА МАШИНЫ ДЛЯ ОРИЕНТИРОВАННОЙ ПОСАДКИ ЛУКОВИЦ

В результате теоретических исследований определено, что на качество поштучной подачи катушечно-вильчатым высаживающим аппаратом основное влияние оказывает диаметр катушки и частота ее вращения, причем эти факторы между собой связаны, поэтому можно один фактор принять постоянным, а второй изменять в процессе экспериментальных исследований.

Проведение лабораторных исследований направлено на определение частоты вращения катушки катушечно-вильчатого высаживающего аппарата, обеспечивающей поштучную подачу луковиц, и влияние ориентирующей воронки на равномерность посадки.

Для этого была изготовлена экспериментальная установка (рисунок 4.20) для проведения лабораторных исследований. Она состоит из экспериментального образца катушечно-вильчатого высаживающего аппарата, механизма привода и почвенного канала. Устройство экспериментальной установки следующее: на раме установлен бункер 1, на дне которого размещена катушка с вильчатыми захватами, которая установлена на вал 2, приводимый во вращение мотор-редуктором 3; для регулирования частоты вращения катушки установка оснащена частотным преобразователем 4. Подача луковиц из бункера в борозду осуществляется по семяпроводу 5. Установка смонтирована на тележке почвенного канала, что позволяет смоделировать рабочий процесс посадки луковиц луковых культур катушечно-вильчатым высаживающим аппаратом в лабораторных условиях.

Лабораторные исследования экспериментального образца высаживающего аппарата проводились в соответствии с СТО АИСТ 5.4-2010 «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины высадкопосадочные. Методы оценки функциональных показателей» [169].

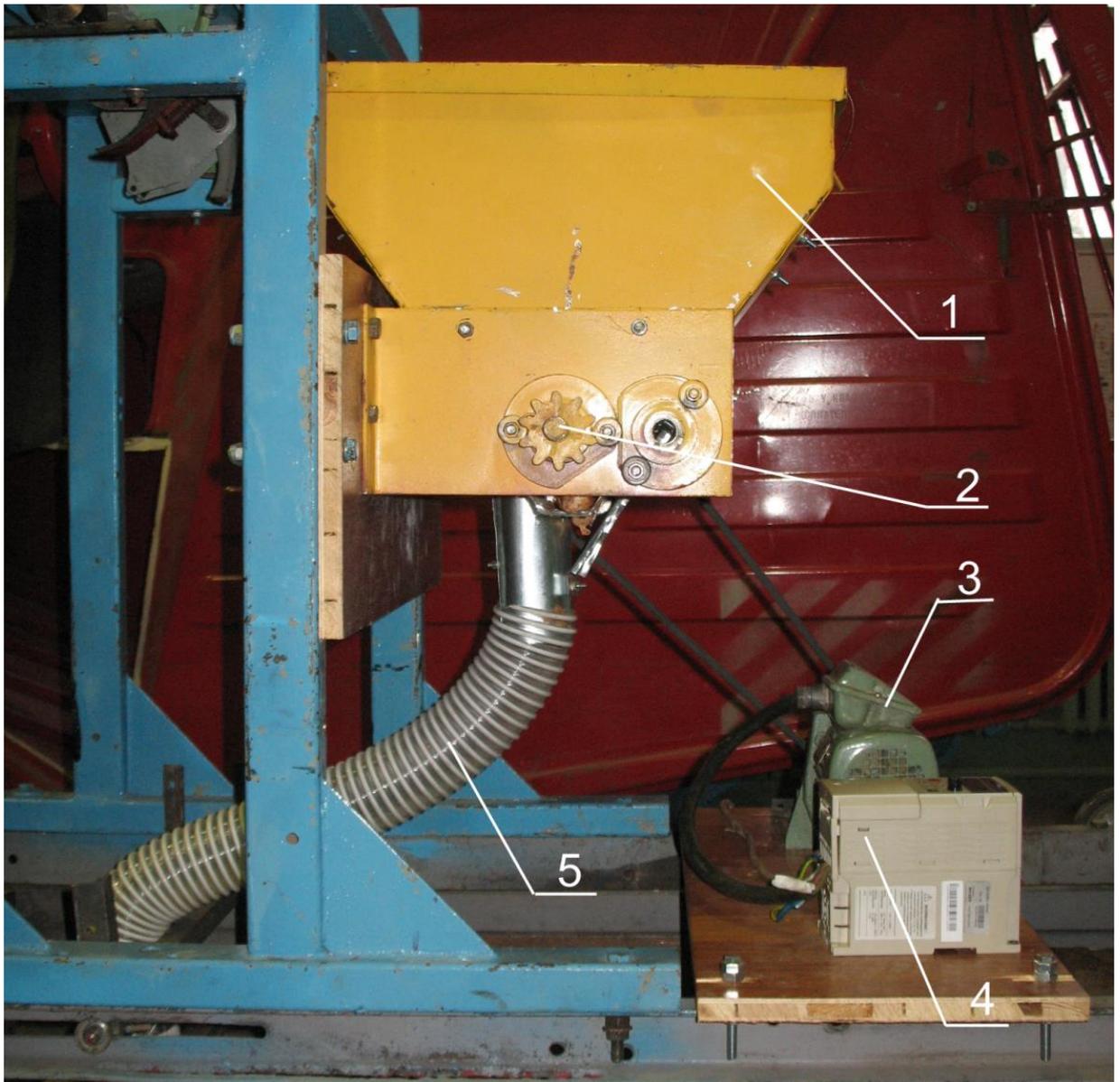


Рисунок 4.20 – Экспериментальная установка для лабораторных исследований катушечно-вильчатого высаживающего аппарата: 1 - бункер; 2 - приводной вал; 3 - мотор-редуктор; 4 - частотный преобразователь; 5 - семяпровод

Рекомендуемая скорость движения агрегата на посадке луковых культур 1,8-2,2 м/с, с учетом этого определили частоту вращения катушки высаживающего аппарата по формуле [34]:

$$n_{\text{к}} = \frac{V_{\text{м}}}{z l_{\text{п}}}, \quad (4.18)$$

где $n_{\text{к}}$ – частота вращения катушки высаживающего аппарата, с^{-1} ;

$V_{\text{м}}$ – рекомендуемая скорость посадочного агрегата, м/с;

z – число луковиц подаваемое за один оборот катушки, шт;

$l_{\text{п}}$ – шаг посадки, м.

Радиус катушки определили по выражению (3.16), после чего определили количество вильчатых захватов, которое возможно разместить на катушке. Полученные параметры катушки оставались неизменными на всем протяжении опытов. Эксперимент проведен в двух вариантах: с ориентирующей воронкой и без нее.

Посадочный материал засыпается в бункер, устанавливается частота вращения катушки, рассчитанная по формуле (4.18), далее последовательно включали привод катушки и тележки. После проезда тележки (скорость тележки 2 м/с) механизмы отключали в обратной последовательности. Далее измеряли расстояние между луковицами. Полученные данные заносили в протокол испытаний. Изменяя частоту вращения катушки в интервале от 1,5 до 3,5 с⁻¹ с шагом 0,5 с⁻¹, эксперимент повторяли; остальные параметры на всем протяжении исследований оставались неизменными. Таким образом провели эксперименты для пяти значений частоты вращения в трехкратной повторности.

После проведения экспериментов определяли показатели качества посадки.

Равномерность распределения луковиц определяли по количеству нормальных интервалов.

Нормальный интервал – расстояние между двумя соседними луковицами L равное $M \pm 0,5M$, где M – расстояние между луковицами по агротехническим требованиям ($M = 0,1$ м).

Расстояние между луковицами измеряли с помощью миллиметровой линейки, по результатам измерений фиксировали три типа интервалов:

- нормальный интервал $L_H = M \pm 0,5M$;
- уменьшенный интервал $L_{yM} < M \pm 0,5M$;
- увеличенный интервал $L_{yB} > M \pm 0,5M$.

После этого рассчитывали равномерность распределения луковиц по формуле [6]:

$$P = \frac{L_H}{L_{YM} + L_{YB} + L_H} \times 100 \quad (4.19)$$

Полученные значения обрабатывали методами дисперсионного анализа. По результатам обработки опытных данных строили график зависимости равномерности распределения луковиц вдоль рядка от частоты вращения катушки (рисунок 4.21).

Наблюдения за работой катушечно-вильчатого высаживающего аппарата в ходе экспериментальных исследований показали, что без ориентирующей воронки луковицы выходят из семяпровода по всему его диаметру, что отрицательно сказывается на равномерности распределения луковиц. Установка ориентирующей воронки с боковой поверхностью из эластичных (гибких) элементов направляет луковицы к центру семяпровода и повышает равномерность распределения семян вдоль рядка [17, 20].

Анализируя полученный график можно сказать, что наибольшая равномерность распределения луковиц достигается при наличии ориентирующей воронки и равна 88 % при частоте вращения катушки высаживающего аппарата в $2,5 \text{ с}^{-1}$.

Снижение равномерности при более низкой частоте вращения объясняется тем, что осыпание луковиц в зоне захвата их вильчатыми захватами катушки происходит быстрее, чем подача их катушкой в семяпровод, из-за чего происходит удержание “лишних” луковиц на вильчатом захвате осыпающимся посадочным материалом и их дальнейшая подача в семяпровод.

При увеличении частоты вращения катушки до $2,5 \text{ с}^{-1}$, достигается такое состояние, когда “лишние” луковицы сходят с вильчатого захвата, так как сопротивление посадочного материала в бункере на них снижается и происходит поштучная подача луковиц катушкой в семяпровод. При дальнейшем увеличении частоты вращения катушки возрастает центробежная сила, действующая на “лишние” луковицы, которая вовлекает их во

вращательное движение катушки и они не успевают сойти с вильчатого захвата, поэтому происходит подача двух-трех луковиц одним захватом в семяпровод, как следствие снижение равномерности, отраженное на графике правой нисходящей ветвью.

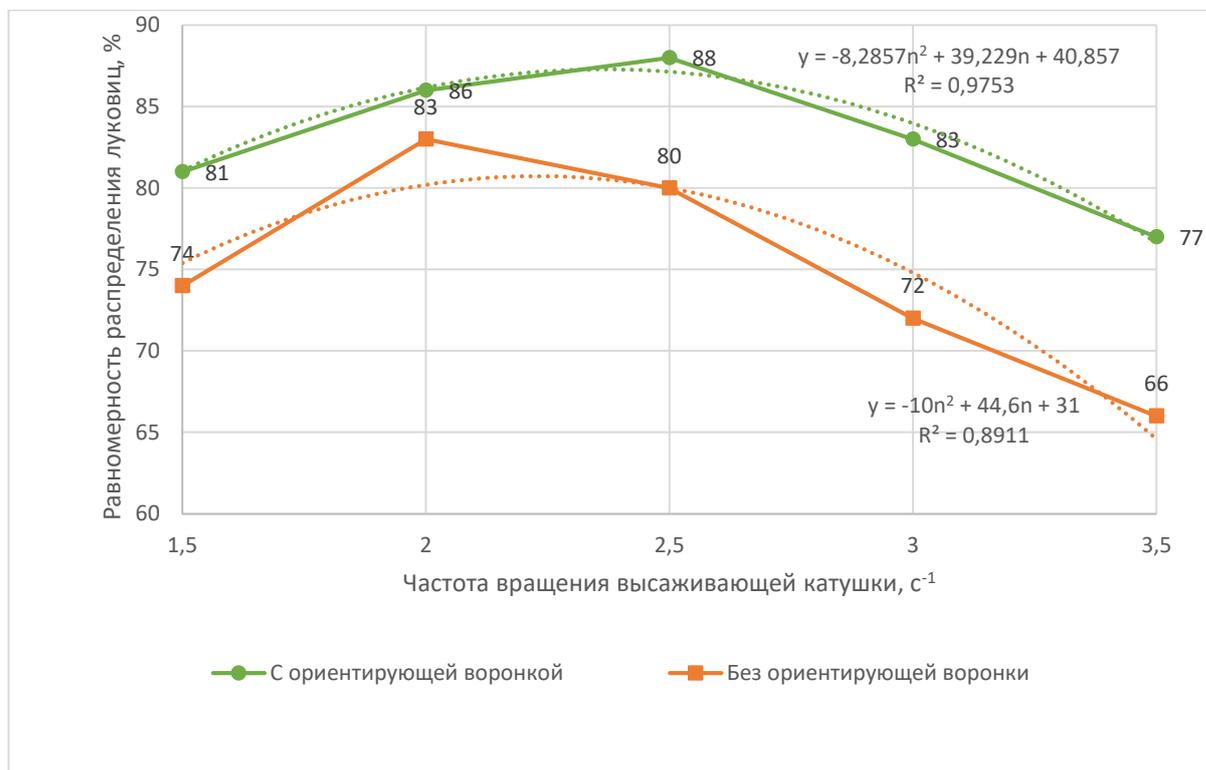


Рисунок 4.21 – График зависимости равномерности распределения луковиц вдоль ряда (%) от частоты вращения катушки высаживающего аппарата

В задачи экспериментальных исследований входило определение зависимости количества луковиц, посаженных донцем вниз, и равномерности распределения луковиц в рядке от угла наклона семяпровода опытного образца посадочной машины (рисунок 4.22). Для этого проведены полевые исследования работы опытного образца посадочной машины, оснащенной катушечно-вильчатым высаживающим аппаратом.



Рисунок 4.22 - Общий вид опытного образца посадочной машины, оснащенной катушечно-вилчатым высаживающим аппаратом для ориентированной посадки лука-севка: 1 – рама; 2 – опорно-приводное колесо; 3 – бункер; 4 – семяпровод с сошником; 5 – сошник; 6 – заделывающий диск

Посадка проводилась на выбранном ровном участке. Непосредственно перед исследованиями в почве на глубинах 0-5, 5-10 и 10-15 см определялись влажность и твердость, в соответствии с ГОСТ [41, 43, 44]. Данные замеров приведены в таблице 4.9.

Условие проведения лабораторно-полевых исследований (характеристик участка и культуры) изучались на учетных делянках, длиной 50 м и шириной 1,4 м, равномерно расположенных по диагонали поля. Количество делянок равно пяти. В ходе лабораторно-полевых исследований опытного образца посадочной машины, оснащенной катушечно-вилчатым высаживающим аппаратом меняли – угол наклона семяпровода от 30 до 50 градусов.

Частота вращения катушки высаживающего аппарата, высота установки выходного отверстия семяпровода относительно поверхности почвы (борозды)

и скорость движения опытного образца посадочной машины оставались постоянными и равнялись соответственно $2,2 \text{ с}^{-1}$, $0,12 \text{ м}$ и $1,8 \text{ м/с}$.

Таблица 4.9 – Условия проведения лабораторно-полевых исследований

Наименование показателя	Значение показателя
	Семена лука-севка сорта «Штутгартен Ризен»
1. Чистота семян, %	98,5
2. Влажность семян, %	14,3
3. Всхожесть семян, %	93,1
4. Фракция	15-22
5. Рельеф поля (уклон) не более, град	7
6. Микрорельеф	Выровненный
7. Влажность в % по слоям, см	
от 0 до 5 вкл.	22
от 5 до 10 вкл.	25
от 10 до 15 вкл.	27
7. Твердость в МПа по слоям, см	
от 0 до 5 вкл.	0,3
от 5 до 10 вкл.	0,7
от 10 до 15 вкл.	1,0
8. Глубина взрыхленного слоя в среднем, см	10
9. Крошение взрыхленного слоя: массовая доля комков, %, не менее, по размерам, мм:	
до 0,25	20
от 1 до 10 вкл.	80
св.10 до 25 вкл.	-
св. 30 до 50 вкл.	-
10. Предшествующая обработка	Культивация вертикальной фрезой на глубину 12 см.

На каждой учетной делянке после прохода посадочной машины делали следующие замеры [11], [13], [14], [44]:

- угол наклона вешки относительно дна борозды, град.;
- шаг посадки (расстояние между луковицами в рядке) м;

Отобранные с каждой учетной делянки замеры обрабатывались по нижеследующей методике.

Положение донца луковиц относительно дна борозды определяли визуально и с помощью угломера. По результатам измерений фиксировалось три положения луковиц:

- луковицы, расположенные донцем вниз (угол наклона вешки $90 \pm 45^\circ$);
- луковицы, расположенные на боку (угол наклона вешки $0 \pm 45^\circ$);
- луковицы, расположенные донцем вверх (угол наклона вешки $270 \pm 45^\circ$).

После этого рассчитывали количество луковиц, расположенных донцем вниз (в процентах):

$$K = \frac{N_{90\pm 45}}{N_{\text{Л}}} \times 100. \quad (4.20)$$

Равномерность распределения луковиц определяли по количеству нормальных интервалов.

Нормальный интервал – расстояние между двумя соседними луковицами L равное $M \pm 0,5M$, где M – расстояние между луковицами по агротехническим требованиям ($M = 0,1 \text{ м}$).

Расстояние между луковицами измеряли с помощью миллиметровой линейки, по результатам измерений фиксировали три типа интервалов:

- нормальный интервал $L_H = M \pm 0,5M$;
- уменьшенный интервал $L_{\text{УМ}} < M \pm 0,5M$;
- увеличенный интервал $L_{\text{УВ}} > M \pm 0,5M$.

После этого рассчитывали равномерность распределения луковиц по формуле (4.19).

По результатам обработки опытных данных полевых исследований опытного образца посадочной машины, строили графики зависимостей количества луковиц, посаженных донцем вниз K , (%) и равномерности распределения луковиц вдоль рядка P , (%) от угла наклона семяпровода посадочной машины (рисунок 4.24).

Корреляционная связь между количеством луковиц, посаженных донцем вниз K , (%) и равномерностью распределения луковиц вдоль рядка P , (%) от угла наклона семяпровода посадочной машины выражается уравнениями параболических функций:

$$\begin{aligned} K &= 52,0571 + 0,9629 * \beta - 0,0143 * \beta^2, \\ P &= -45,2571 + 6,7771 * \beta - 0,0857 * \beta^2. \end{aligned} \quad (4.21)$$

Полученные в ходе полевых исследований опытного образца посадочной машины, оснащенной катушечно-вилочатым высаживающим

аппаратом, зависимости равномерности распределения луковиц и количество луковиц, посаженных донцем вниз от угла наклона семяпровода, носят параболический характер.

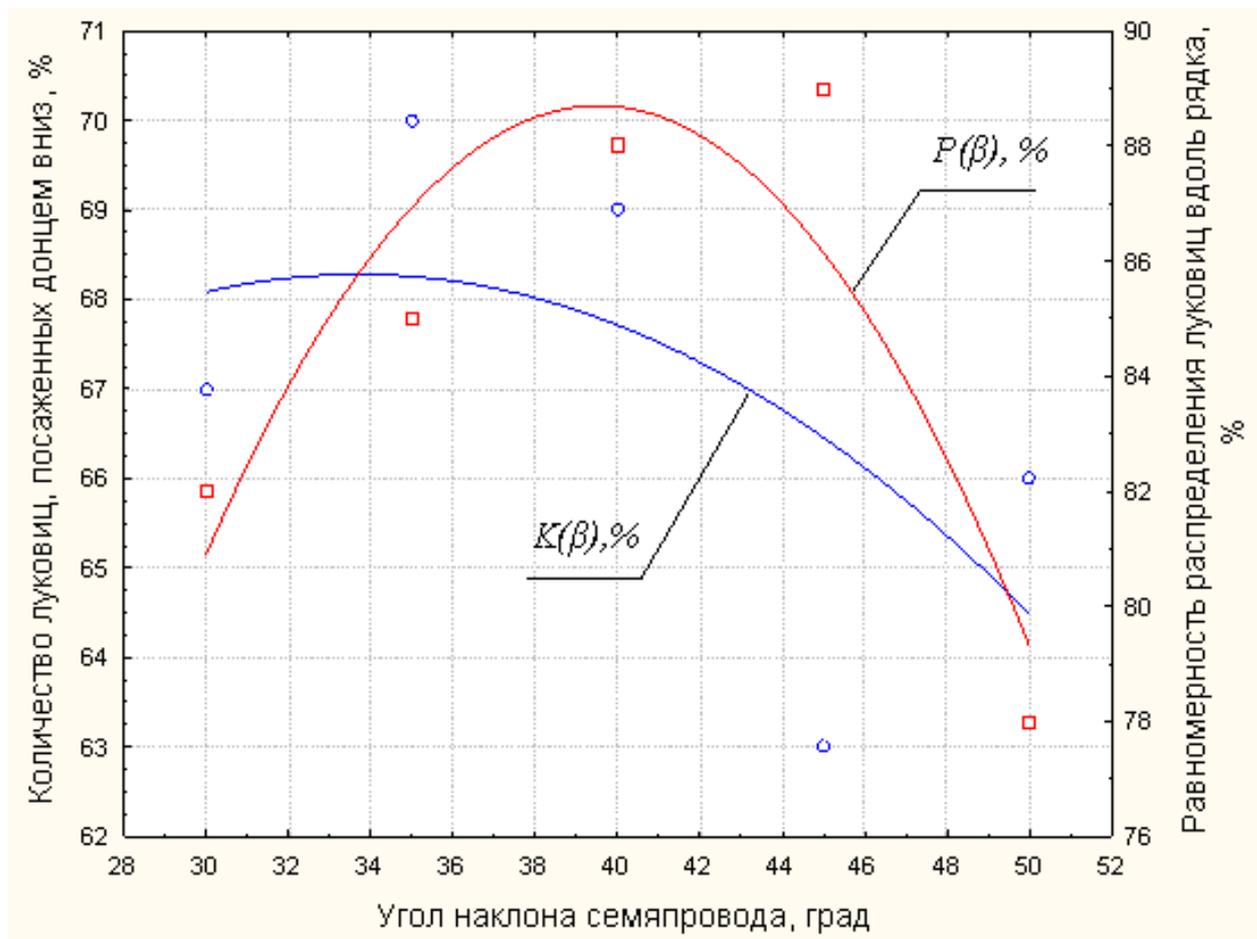


Рисунок 4.24 – График зависимости количества луковиц, посаженных донцем вниз и равномерности распределения луковиц вдоль ряда от угла наклона семяпровода

Рассмотрим подробнее оба графика. При начальном угле наклона семяпровода в 30 градусах среднее значение равномерности распределения луковиц вдоль ряда составило 82 процента. При увеличении угла наклона до 45 градусов значение равномерности повышалось. Наблюдение за движением луковиц по семяпроводу показали, что при значении угла наклона от 30 до 45 градусов характер движения луковиц смешанный, то есть примерно половина луковиц катится по семяпроводу, вторая половина скользит по нему, в связи с

этим время прохождения луковиц по семяпроводу сильно различается. При достижении угла наклона семяпровода 45 градусов, большая часть луковиц совершает скользящее движение по семяпроводу, в результате чего достигается наилучшая равномерность распределения луковиц, а именно 88 %. При дальнейшем увеличении угла наклона семяпровода часть луковиц находится в свободном падении (без контакта со стенками семяпровода), в результате чего равномерность распределения луковиц снижается. Причиной этого также является растущая разница времени прохождения луковиц в семяпроводе.

Зависимость количества луковиц, посаженных донцем вниз от угла наклона семяпровода, носит схожий характер с предыдущей зависимостью, но отличается оптимальным значением угла наклона семяпровода, который в данном случае равен 35 градусов; количество луковиц, посаженных донцем вниз при этом составляет 70 процентов.

Особое внимание здесь стоит обратить на то, что при сходе луковиц с наклонной части, некоторые луковицы ударяются о противоположную стенку вертикального участка семяпровода. Эти луковицы чаще занимают требуемое положение донцем вниз, в сравнении с луковицами проходящими вертикальный участок без контакта с семяпроводом, а при угле наклона семяпровода в 35 градусов, наибольшее количество луковиц проходят его с ударением о стенку. При меньших значениях угла наклона, контакта луковиц с семяпроводом не происходит, из-за низкой скорости движения луковиц; при больших значениях, траектория движения луковицы по семяпроводу позволяет проходить данный участок в свободном падении.

Из этого можно сделать вывод, что дополнительные препятствия движению луковиц способствуют их ориентированию донцем вниз, из-за их смещенного центра тяжести к донцу луковицы. Поэтому целесообразно на выходе из семяпровода создавать дополнительное сопротивление в виде эластичных элементов. Для этих целей хорошо служит ориентирующая воронка с боковой поверхностью из эластичных элементов.

Рациональное значение угла наклона семяпровода определяем по сумме

двух критериев качества посадки – равномерности распределения луковиц вдоль ряда и количества луковиц, посаженных донцем вниз. Данному значению соответствует угол наклона семяпровода в интервале 36-40 градусов.

4.5 ВЫВОДЫ

1. Установлено, что разработанные адаптивные технические средства для возделывания луковых культур при работе в заданных технологических параметрах в почвенно-климатических условиях РФ позволяют обеспечить агротехнические требования качества посева семян лука, посадки и калибрования луковиц.

2. Установлено, что распределители-отражатели семян изотонного и антитонного типа поверхностей машин для ленточного посева семян лука работают достаточно хорошо и сопоставимо по показателям, но наибольшее значение частоты квадратов с количеством семян 1 (48 %) и 2 (32 %) у распределителей с изотонной поверхностью, что объясняется большим количеством пересечений траекторий отражения семян от антитонной поверхности.

2. Определено влияния конструктивных параметров сошника с распределителем-отражателем изотонного типа для ленточного посева на равномерность распределения семян, показатели равномерности распределения семян лука, отвечающие агротехническим требованиям достигаются во всем диапазоне рабочих скоростей 1,9-2,8 м/с, что соответствует значению коэффициента вариации 0,49-0,51. Получено уравнение (4.4), описывающее зависимость коэффициента вариации распределения семян от скорости движения посевного агрегата.

3. Установлено, что луковицы с индексом формы 1,0 более адаптивны к изменению параметров работы роликового калибратора с эластичными интенсификаторами и имеют высокие значения точности калибрования на всех исследуемых режимах. Повышению точности калибрования также

способствует увеличению количества интенсификаторов, однако при их количестве более двух увеличивается процент оголенных луковиц, в результате рационально принято количество интенсификаторов равное двум.

4. Определено оптимальное значение скорости транспорта роликового калибратора с эластичными интенсификаторами 0,2-0,3 м/с, что соответствует точности калибрования в пределах 95 - 97 %.

5. По результатам лабораторно-полевых исследований опытного образца роликового калибратора с эластичными интенсификаторами установлено, что значение точности калибрования 97 %, что соответствует 1 сорту репчатого лука по ГОСТ, достигается при поступательной скорости транспортера 0,21 м/с и производительности калибратора 5,1 т/ч. При поступательной скорости транспортера 0,29-0,43 м/с и производительности калибратора 6,5-7,9 т/ч точность калибрования соответствует 2 сорту и доходит до 96 %, при дальнейшем увеличении скорости транспортера точность калибрования снижается ниже допустимых значений.

6. Установлена наибольшая равномерность распределения луковиц катушечно-вилочатым высаживающим аппаратом для ориентированной посадки при наличии ориентирующей воронки, равная 88 %, при частоте вращения катушки высаживающего аппарата в $2,5 \text{ с}^{-1}$.

7. Определено рациональное значение угла наклона семяпровода опытного образца посадочной машины, оснащенной катушечно-вилочатым высаживающим аппаратом в интервале 35-40 градусов, что соответствует равномерности распределения луковиц 87-88 % и количеству луковиц, посаженных донцем вниз 69-70 %.

5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АДАПТИВНЫХ МАШИННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

5.1 МЕТОДИКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗРАБОТАННЫХ АДАПТИВНЫХ МАШИННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Экономическую оценку адаптивных машинных технологий и технических средств проводили по разработанной методике в соответствии с ГОСТ Р 53056-2008 и известной методике, суть которой заключается в сравнении разработанных технологий и технических средств с базовым вариантом, за которые приняты зональные агротехнологии и лучшие отечественные и зарубежные образцы техники. В качестве исходной информации для экономической оценки использовали результаты производственных испытаний, полученные в хозяйствах Московской, Пензенской и Ростовской областях (Приложение П) [42], [46], [176].

На возделывании лука-севка сравнивали базовую зональную агротехнологию, принятую в АО «Озёры» Московской области, и разработанную адаптивную технологию в программе «Программа подбора оптимальной машинной технологии возделывания луковых культур» (свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2018619692 от 11.07.2018) [158], а также базовую посевную машину для ленточного посева со сферическим отражателем и посевную машину с разработанным распределителем-отражателем изотонного типа.

На возделывании репчатого лука из лука-севка сравнивали базовую зональную агротехнологию, принятую в АО «Озёры» Московской области и разработанную адаптивную технологию в программе «Программа подбора оптимальной машинной технологии возделывания луковых культур», а также

базовую посадочную машину с вибрационно-пневматическим высаживающим аппаратом и разработанную посадочную машину с катушечно-вильчатым высаживающим аппаратом.

На калибровании луковиц в условиях ЗАО «Красный октябрь» сравнивали базовый вибрационный калибратор с разработанным радиальным калибратором, оснащенным эластичными интенсификаторами.

Сравнительную оценку разработанных машин и базовых проводили без включения в зональную технологию по следующим основным показателям: годовой экономический эффект, срок окупаемости дополнительных капиталовложений, верхний предел цены новой техники.

Годовой экономический эффект от внедрения опытной посадочной машины, с учетом получения дополнительной продукции [42]:

$$\Gamma_{\text{эф}} = (\Pi_{\text{з.б.}} - \Pi_{\text{з.н}}) + Д, \quad (5.1)$$

где $\Pi_{\text{з.б.}}$, $\Pi_{\text{з.н}}$ – приведенные затраты базовой и опытной машин, руб/га;

Д - дополнительный экономический эффект от изменения качества и количества продукции, руб.

В свою очередь Д определяется как [38]:

$$Д = \Delta N_y Ц, \quad (5.2)$$

где ΔN_y – дополнительная урожайность продукции с 1 га, т/га;

Ц – цена 1 тонны продукции, руб.

Приведенные затраты на весь объем работ [42], [46]:

$$\Pi_{\text{з.б.(н)}} = \Pi_{\text{з.уд.б(н)}} T_z, \quad (5.3)$$

Удельные приведенные затраты определяются из выражения [46], [131]:

$$\Pi_{\text{з.уд.б(н)}} = Z_{\text{б(н)}} + E_n K_{\text{уд.б(н)}}, \quad (5.4)$$

где E_n – норматив приведения разновременных затрат и результатов, равен 0,1;

$K_{\text{уд.б(н)}}$ – удельные капитальные вложения при базовом и экспериментальном варианте, руб/га.

Удельные капиталовложения [42]:

$$K_{уд} = \frac{B_M}{T_3 W_{ЭК}}, \quad (5.3)$$

где B_M – балансовая цена техники, руб;

$W_{ЭК}$ – производительность агрегата в час эксплуатационного времени, га (т);

T_3 – годовая фактическая загрузка техники, ч.

Срок окупаемости [42]:

$$T_{ок} = \frac{\Delta K}{\Gamma_{ЭФ}}, \quad (5.2)$$

где ΔK – дополнительные капитальные вложения, руб.

Верхний предел цены разработанных машин, руб., вычисляем по формуле [42]

$$C_{П} = \frac{\mathcal{E}_{Г.Н}}{a_N} + B_N, \quad (5.3)$$

где $\mathcal{E}_{Г.Н}$ – годовая экономия совокупных затрат денежных средств от эксплуатации новой техники на отдельно взятой технологической операции, руб.;

a_N – норма амортизации опытных машин, %;

B_N – балансовая цена новой техники, руб.

Годовая экономия совокупных затрат денежных средств от эксплуатации новой техники на отдельно взятой технологической операции, вычисляем по формуле [42]:

$$\mathcal{E}_{Г.Н} = F_i [(I_{С.З.Б} - C_{ост.Б}) - (I_{С.З.Н} - C_{ост.Н})]$$

где F_i – объем работ на i операции, га(т);

$I_{С.З.Б}$, $I_{С.З.Н}$ – совокупные затраты денежных средств, включающие в себя прямые эксплуатационные затраты, значение величины убытка от снижения количества и качества продукции, от достигнутого уровня условий труда обслуживающего персонала, затраты от отрицательного воздействия на окружающую среду, соответственно по базовой и новой технике, руб/га(т);

$C_{ост.Б}$, $C_{ост.Н}$ – удельная остаточная стоимость соответственно базовой и новой техники, руб/га(т).

Совокупные затраты денежных средств на единицу наработки вычисляем по формуле [42]:

$$I_{\text{с.з.}} = (I + I_{\text{к.п.}} + I_{\text{у.т.}} + I_3), \quad (5.5)$$

где I – прямые эксплуатационные затраты денежных средств, руб/га(т);

$I_{\text{к.п.}}$ – затраты средств, учитывающие изменение количества и качества продукции, руб/га(т);

$I_{\text{у.т.}}$ – затраты средств, учитывающие уровень условий труда обслуживающего персонала, руб/га(т);

I_3 – затраты средств, учитывающие отрицательное воздействие на окружающую среду, руб/га(т).

Прямые эксплуатационные затраты вычисляем по формуле [42]:

$$I = Z + \Gamma + P + A + \Phi, \quad (5.6)$$

где Z – затраты на оплату труда рабочих, обслуживающих агрегат, руб./га;

Γ – затраты на топливо-смазочные материалы, руб./га;

P – затраты на текущий ремонт и техническое обслуживание, руб./га;

A – амортизационные отчисления, руб./га;

Φ – прочие прямые затраты на основные и вспомогательные материалы, руб./га.

Затраты на оплату труда рабочих, обслуживающих агрегат, определяем по формуле [42]:

$$Z = \frac{1}{W_{\text{см}}} L \tau K_3, \quad (5.7)$$

где $W_{\text{см}}$ – производительность агрегата за 1 час сменного времени, га/ч;

L – количество обслуживающего персонала, чел.;

τ – часовая тарифная ставка оплаты труда основных (принимаем по 10 разряду) и вспомогательных (принимаем по 5 разряду) рабочих, обслуживающих агрегат, руб./чел.-ч;

K_3 – коэффициент, учитывающий доплаты по расчету за продукцию, премии, надбавки за классность и стаж работы, квалификацию, оплату отпусков и

начисление по социальному страхованию (на механизированных работах $K_D = 1,4$; на ручных работах $K_D = 1,26$).

Затраты на топливо-смазочные материалы определяем по формуле [42]:

$$\Gamma = q_T \Pi_T K_{\text{см.м}}, \quad (5.7)$$

где q_T – норма расхода топливо-смазочных материалов на единицу наработки, кг/га;

Π_T – цена 1 кг топливо-смазочных материалов, руб./кг;

$K_{\text{см.м}}$ – коэффициент учета стоимости топливо-смазочных материалов.

Затраты на текущий ремонт, техническое обслуживание и хранение по нормам отчислений определяем по формуле [42]:

$$P = \frac{Br_p}{W_{\text{ЭК}} T_3}, \quad (5.8)$$

где B – балансовые стоимости техники, руб.;

r_p – нормы отчислений на текущий ремонт, техническое обслуживание и хранение трактора и сеялки в процентах от их балансовой стоимости, %.

Затраты на амортизацию [42]:

$$A = \frac{Ba}{W_{\text{ЭК}} T_3}, \quad (5.9)$$

где a – нормы отчислений на амортизацию техники, в процентах от балансовой стоимости, %.

Стоимость вспомогательных материалов определяется по формуле [42]:

$$\Phi = h_i \Pi_i, \quad (5.10)$$

где h_i – удельный расход вспомогательных материалов на единицу работы, кг, (м, шт.);

Π_i – цена единицы расходуемого вспомогательного материала, руб.

При сравнении базовых зональных агротехнологий, принятых в хозяйствах, и разработанных технологий в программе «Программа подбора оптимальной машинной технологии возделывания луковых культур», с включением новых разработанных образцов машин, основными показателями эффективности являются индексы изменения производительности труда

механизатора, себестоимости сельскохозяйственной продукции, экономии совокупных затрат денежных средств, затрат труда.

Экологический эффект от применения разработанных образцов машин оценивали по годовому экологическому эффекту [42]:

$$\mathcal{E}_{\text{эк}} = I_{\text{эк.б}} - I_{\text{эк.н}}, \quad (5.11)$$

где $I_{\text{эк.б}}$, $I_{\text{эк.н}}$ – годовые издержки на охрану окружающей среды для базовой и опытной машины, руб.

$$I_{\text{эк.б}} = q_{\text{т.б}} \cdot N_{\text{зок}} \cdot V_{\text{н}}, \quad (5.12)$$

$$I_{\text{эк.н}} = q_{\text{т.н}} \cdot N_{\text{зок}} \cdot V_{\text{н}}, \quad (5.13)$$

где $q_{\text{т.б}}$, $q_{\text{т.н}}$ – расход топлива базовой и опытной машины, кг/га(т);

$N_{\text{зок}}$ – норма затрат на охрану окружающей среды (0,15), руб/кг;

$V_{\text{н}}$ – годовой объем работ опытной машины, га (т).

Расчетные экономические показатели по базовым и опытным машинам приведены в приложении П.

5.2 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗРАБОТАННЫХ ОПЫТНЫХ МАШИН

Для проведения расчета технико-экономических показателей применения опытной посевной машины для ленточного посева с распределителем-отражателем изотонного типа на посевах семян лука, в таблице 5.1. приведены исходные данные на базовую и опытную машины. Экономическая эффективность определялась в сравнении с посевной машиной нидерландского производства, по трудозатратам и прямым издержкам на 1 га площади.

Расчет экономической эффективности основан на том, что применение предлагаемой опытной посевной машины для ленточного посева с распределителем-отражателем изотонного типа на посевах семян лука дало повышение урожайности на 17 % за счет повышения качества посева.

Таблица 5.1 – Исходные технико-эксплуатационные характеристики и технико-экономические данные для расчетов экономической эффективности применение предлагаемой опытной посевной машины для ленточного посева с распределителем-отражателем изотонного типа

Показатель	Обозначение	Базовая посевная машина	Опытная посевная машина
Исходные технико-эксплуатационные характеристики			
Тип посевной машины	-	навесная	навесная
Масса машины, кг	-	610	610
Обслуживающий персонал, чел. в т.ч. тракторист-машинист, вспомогательные рабочие	Л	2 1 1	2 1 1
Рабочая ширина захвата агрегата, м	V_{agr}	1,5	1,5
Производительность: за 1 час сменного времени, га	$W_{см}$	0,72	0,72
за 1 час эксплуатационного времени, га	$W_{эк}$	0,9	0,9
Среднегодовая загрузка, ч:	T_3	60	60
Исходные технико-экономические данные			
Балансовая стоимость посевной машины тыс. руб.	Б	560,0	560,0
Тарифный разряд: тракторист-машинист вспомогательные рабочие		10 6	10 -
Часовая тарифная ставка, руб/час: тракторист-машинист вспомогательные рабочие	τ $\tau_{осн}$ $\tau_{всп}$	120 80	120 80
Комплексная цена 1 кг топливо-смазочных материалов, руб/кг	C_T	50	50
Нормативы отчислений на текущий ремонт и техническое обслуживание в процентах от балансовой стоимости посевной машины	r_p	9,0	9,0
Нормативы отчислений на амортизацию в процентах от балансовой стоимости посевной машины	а	15	15

В соответствии с ГОСТ Р 53056-2008, полученные экономические показатели для базовой и опытной посевных машин для ленточного посева, без включения в состав зональных агротехнологий, представлены в таблице 5.2 и приложении П [42].

Таблица 5.2 – Показатели сравнительной экономической эффективности машин без включения в зональные агротехнологии

Наименование показателя	Значения показателя по образцам сравниваемой техники		Индекс изменения показателя, %
	базовой	новой	
Совокупные затраты денежных средств, руб/т	155,39	128,52	17,29
Затраты труда, чел.-ч/т	0,04	0,03	17,29
Удельный расход топлива, кг/т	0,18	0,15	17,29
Годовая экономия, руб.		102830,54	
Капитальные вложения, руб.	870000,00	870000,00	
Срок окупаемости дополнительных капиталовложений, лет		0,59	
Верхний предел цены новой техники, руб		960044,25	

Проведенный расчет показывает, что применение опытной посевной машины с распределителем-отражателем изотонного типа для ленточного посева семян лука позволяет за счет более равномерного распределения семян в ленте повысить урожайность на 17 % и снизить совокупные затраты на 1 тонну продукции на 17,3 %, при этом годовая экономия составит 102830,54 рублей, а дополнительные капиталовложения окупаются за 0,59 года при возделывании лука-севка на площади 70 га.

Для проведения расчета технико-экономических показателей применения

опытной посадочной машины для ориентированной посадки лука-севка катушечно-вильчатым высаживающим аппаратом с ориентирующей воронкой, в таблице 5.3. приведены исходные данные на базовую и опытную машины. При этом экономическая эффективность определялась в сравнении с посадочной машиной, оснащенной вибрационно-пневматическим высаживающим аппаратом, исходя из трудозатрат и прямых издержек на 1 га площади.

Расчет экономической эффективности основан на том, что применение предлагаемой опытной посадочной машины для ориентированной посадки позволило снизить совокупные затраты, за счет более высокой производительности посадочного агрегата по сравнению с базовой машиной.

В соответствии с ГОСТ Р 53056-2008, полученные экономические показатели по базовой и опытной посадочной машины для ориентированной посадки лука-севка катушечно-вильчатым высаживающим аппаратом, без включения в состав зональных агротехнологий представлены в таблицах 5.3 и 5.4.

Проведенный расчет показывает, что применение опытной посадочной машины для ориентированной посадки лука-севка катушечно-вильчатым высаживающим аппаратом с ориентирующей воронкой позволяет, за счет более высокой производительности посадочного агрегата, снизить совокупные затраты на 1 тонну продукции на 16 %, при этом годовая экономия на 1 га составит 172507 рублей, а дополнительные капиталовложения окупаются за 1,52 года при возделывании репчатого лука на площади 20 га.

Таблица 5.3 – Исходные технико-эксплуатационные характеристики и технико-экономические данные для расчетов экономической эффективности применение опытной посадочной машины для ориентированной посадки с катушечно-вилчатым высаживающим аппаратом

Показатель	Обозначение	Базовая посадочная машина	Опытная посадочная машина
1	2	3	4
Исходные технико-эксплуатационные характеристики			
Тип посевной машины	-	навесная	навесная
Масса машины, кг	-	580	370
Обслуживающий персонал, чел. в т.ч. тракторист-машинист, вспомогательные рабочие	Л	3	2
		1	1
		2	1
Рабочая ширина захвата агрегата, м	$B_{агр}$	1,4	1,4
Производительность: за 1 час сменного времени, га	$W_{см}$	0,5	0,6
	$W_{эк}$	0,71	0,85
Среднегодовая загрузка, ч:	T_3	40	40
Исходные технико-экономические данные			
Балансовая стоимость посевной машины тыс. руб.:	Б	575,0	440,0
Тарифный разряд: тракторист-машинист вспомогательные рабочие	Тр	10	10
		6	-
Часовая тарифная ставка, руб/час: тракторист-машинист вспомогательные рабочие	τ		
	$\tau_{осн}$ $\tau_{всп}$	120 80	120 80
Комплексная цена 1 кг топливо- смазочных материалов, руб/кг	$Ц_T$	50	50
Нормативы отчислений на текущий ремонт и техническое обслуживание в процентах от балансовой стоимости посевной машины	r_p	9,0	9,0
Нормативы отчислений на амортизацию в процентах	а	14,2	14,2

Таблица 5.4 – Показатели сравнительной экономической эффективности базовой и опытной посадочных машин

Наименование показателя	Значения показателя по образцам сравниваемой техники		Индекс изменения показателя, %
	базовой	новой	
Совокупные затраты денежных средств, руб/т	201,29	141,42	29,75
Затраты труда, чел.-ч/т	0,06	0,05	14,06
Удельный расход топлива, кг/т	8,30	7,10	14,46
Годовая экономия, руб.		191356,16	
Капитальные вложения, руб	575000,00	440000,00	23,48
Срок окупаемости дополнительных капиталовложений, лет		1,52	
Верхний предел цены новой техники, руб.		607562,31	

Для расчета технико-экономических показателей применения опытного роликового калибратора с эластичными интенсификаторами, в таблице 5.5. приведены исходные данные на базовую и опытную машины. Экономическая эффективность считалась в сравнении с роликовым калибратором без интенсификаторов.

Расчет экономической эффективности основан на том, что применение предлагаемого опытного роликового калибратора с эластичными интенсификаторами позволяет повысить точность калибрования до 97 процентов, в результате чего повышается выход товарной фракции по сравнению с базовой машиной.

В соответствии с ГОСТ Р 53056-2008, полученные экономические показатели по базовому и опытному калибратору представлены в таблицах 5.5 и 5.6.

Таблица 5.5 – Исходные технико-эксплуатационные характеристики и технико-экономические данные для расчетов экономической эффективности применения опытного роликового калибратора с эластичными интенсификаторами

Показатель	Обозначение	Базовый калибратор	Опытный калибратор с интенсификаторами
Исходные технико-эксплуатационные характеристики			
Тип калибратора	-	роликовый	роликовый
Масса машины, кг	-	1850	1852
Обслуживающий персонал, чел. в т.ч. оператор, вспомогательные рабочие	Л	4 1 3	4 1 3
Количество разделяемых фракций	N_{ϕ}	3	3
Производительность: за 1 час сменного времени, т за 1 час эксплуатационного времени, т	$W_{см}$ $W_{эк}$	4,2 6	4,2 6
Среднегодовая загрузка, ч:	T_3	150	150
Исходные технико-экономические данные			
Балансовая стоимость посевной машины тыс. руб.:	Б	953,0	958,0
Тарифный разряд: оператор вспомогательные рабочие	Тр	10 6	10 -
Часовая тарифная ставка, руб/час: оператор вспомогательные рабочие	τ $\tau_{осн}$ $\tau_{всп}$	120 80	120 80
Цена электроэнергии, кВт*ч	$Ц_э$	5	5
Нормативы отчислений на текущий ремонт и техническое обслуживание в процентах от балансовой стоимости калибратора	r_p	10,0	10,0
Нормативы отчислений на амортизацию в процентах от балансовой стоимости калибратора	а	14,2	14,2

Таблица 5.6 - Показатели сравнительной экономической эффективности базового и опытного калибратора

Наименование показателя	Значения показателя по образцам сравниваемой техники		Индекс изменения показателя, %
	базовой	новой	
Совокупные затраты денежных средств, руб/т	2772,91	2543,29	8,28
Затраты труда, чел.-ч/т	99,20	99,20	
Удельный расход топлива, кВ*ч/т	0,12	0,13	-8,33
Годовая экономия, руб.		34641,13	
Капитальные вложения, руб.	953000,00	958000,00	-0,52
Срок окупаемости дополнительных капиталовложений, лет		0,20	
Верхний предел цены новой техники, руб.		988333,74	

Проведенный расчет показывает, что применение опытного роликового калибратора с эластичными интенсификаторами позволяет, за счет повышения точности калибрования повысить выход товарной продукции на 8 %; в результате этого годовая экономия составит 34641 рубль при годовой загрузке 150 часов, а дополнительные капиталовложения окупаются за 0,2 года.

5.3 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ РАЗРАБОТАННЫХ АДАПТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛУКОВЫХ КУЛЬТУР

Для экономической оценки разработанных адаптивных технических средств в производственных условиях использовали специально разработанную программу «Программа подбора оптимальной машинной технологии возделывания луковых культур» (свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2018619692 от 11.07.2018). (Приложение Г).



Рисунок 5.1 – Главное меню программы «Программа подбора оптимальной машинной технологии возделывания луковых культур»

В основе программы для проектирования машинных технологий возделывания луковых культур лежит база данных результатов экспериментальных исследований, представленных в главе 2. Выбрав последовательно в программе тип конечной продукции, почвенные условия, сорт, а также варианты типов рабочих органов для операций по возделыванию луковых культур, программа выдает результаты сравнения сформированных

вариантов технологии по урожайности, затратам и себестоимости полученной продукции.

Для расчета и сравнения дополнительных расходов и доходов по каждой технологии необходимо в диалоговом окне «Результат расчета» (рисунок 5.2) внести информацию о норме высева, планируемой урожайности, цены на энергоносители и стоимости готовой продукции.

Расчет урожайности лука

Результат расчета

Критерий выбора

- Урожайность
- Доп.расходы
- Доход

Калибратор: Радиальная; Решетная; Барабанная;
 Высадка(репка): Вибр.-пневм.; Катущ.-вильч.; Ленточный;
 Опрыскиватель: Опрыскиватель навесной 24 м

План. урожайность, кг/га Цена эл.энергии, руб/кВт
 Стоимость 1кг, руб Цена топлива, руб/кг
 Норма высева, кг/га

Округлые	Чернозем обыкн	Разбрасыватель	ПППО (Оборотны	Фреза вертикалы	Радиальная	Вибр.-пневм.	Опрыскиватель	48060.00
Округлые	Чернозем обыкн	Разбрасыватель	ПППО (Оборотны	Фреза вертикалы	Решетная	Вибр.-пневм.	Опрыскиватель	47526.00
Округлые	Чернозем обыкн	Разбрасыватель	ПППО (Оборотны	Фреза вертикалы	Барабанная	Вибр.-пневм.	Опрыскиватель	46458.00
Округлые	Чернозем обыкн	Разбрасыватель	ПППО (Оборотны	Фреза вертикалы	Радиальная	Катущ.-вильч.	Опрыскиватель	45924.00
Округлые	Чернозем обыкн	Разбрасыватель	ПППО (Оборотны	Фреза вертикалы	Решетная	Катущ.-вильч.	Опрыскиватель	45123.00
Округлые	Чернозем обыкн	Разбрасыватель	ПППО (Оборотны	Фреза вертикалы	Радиальная	Ленточный	Опрыскиватель	44856.00
Округлые	Чернозем обыкн	Разбрасыватель	ПППО (Оборотны	Фреза вертикалы	Барабанная	Катущ.-вильч.	Опрыскиватель	44322.00
Округлые	Чернозем обыкн	Разбрасыватель	ПППО (Оборотны	Фреза вертикалы	Решетная	Ленточный	Опрыскиватель	40584.00
Округлые	Чернозем обыкн	Разбрасыватель	ПППО (Оборотны	Фреза вертикалы	Барабанная	Ленточный	Опрыскиватель	39516.00

Рисунок 5.2 – Диалоговое окно «Результат расчета»

В соответствии с ГОСТ Р 53056-2008, для проведения сравнительной экономической оценки применения разработанных адаптивных технологий и технических средств возделывания лука-севка сформирована машинная технология возделывания лука-севка по методике, описанной в главе 2. Для этого последовательно задаем параметры поля, семенного материала и перечня машин. Сравнение проводили с базовой зональной технологией, принятой в АО «Озёры» Московской области (таблица 5.7).

Таблица 5.7 – Перечень машин для базовой и сформированной в программе «Программа подбора оптимальной машинной технологии возделывания луковых культур» технологий возделывания лука-севка

Наименование операций	Базовая зональная агротехнология	Сформированная технология в программе «Программа подбора оптимальной машинной технологии возделывания луковых культур»
Тип почвы	Суглинок легкий	Суглинок легкий
Сорт	Штуттгартер Ризен	Штуттгартер Ризен
Норма высева, кг/га	80	80
Основная обработка почвы	К-744 +ПЛН-8-35	<i>К-744 + ППО-8-35</i>
Предпосадочная обработка почвы	К-744 + культиватор горизонтально-фрезерный 6 м;	<i>К-744 + культиватор вертикально-фрезерный 6 м;</i>
Посев	Посевная машина со сферическим распределителем-отражателем	<i>МТЗ-82 Опытная посевная машина с распределителем-отражателем изотонного типа</i>
Прикатывание почвы	МТЗ-82+Гладкие катки	МТЗ-82+Гладкие катки
Внесение удобрений	МТЗ-82+Разбрасыватель навесной	МТЗ-82+Разбрасыватель навесной
Внесение средств защиты растений (СЗР)	МТЗ-82+Навесной опрыскиватель, 24 м	МТЗ-82+Навесной опрыскиватель, 24 м
Орошение	Дождевание	Дождевание
Прогнозная урожайность, т/га	35	<i>40</i>
Факт. урожайность, т/га	32	<i>39</i>

Таблица 5.8 – Структура себестоимости лука-севка по новой и базовой технологиям

Наименование показателя	Значение показателя по сравниваемым вариантам машинных агротехнологий				Индекс изменения, %
	Базовая технология		Новая технология		
	руб/га	руб/т	руб/га	руб/т	
Затраты средств на оплату труда	1262,40	39,45	1272,23	32,62	17,3
Затраты средств на ТСМ	3018,50	94,33	3060,50	78,47	
Затраты средств на ремонт и ТО	6507,09	203,4	7365,20	188,9	
Затраты средств на амортизацию	6402,99	200,1	7975,39	204,5	
ИТОГО прямые эксплуатационные затраты денежных средств	17190,9	537,2	19673,3	504,4	6,10
Значение величины убытка от уровня условий труда и ТБ	2291,52		2291,52		
Значение величины убытка от отрицательного воздействия на окр. Среду	437,93		444,23		
ИТОГО совокупные затраты денежных средств	19920,43		22409,06		
Затрата денежных средств на закупку сем.материала	800000,00		800000,00		
Затрата денежных средств на закупку СЗР	12500,00		12500,00		
Затрата денежных средств на закупку мин.удоб.	29000,00		29000,00		
Затраты денежных средств на подработку с/х продукции в хранилище	64000,00		78000,00		
Затраты денежных средств на хранение с/х продукции	39360,00		47970,00		
Земельный налог	300,00		300,00		
Накладные расходы	189032,00		201970,4		
ВСЕГО затрат денежных средств	1171303,4	36603,2	1211822	31072	

В соответствии с ГОСТ Р 53056-2008, полученные экономические показатели по базовой и сформированной в программе технологиям возделывания лука-севка представлены в таблицах 5.8 и 5.9.

Таблица 5.9 - Сравнение экономической эффективности базовой и сформированной в программе технологий

Наименование показателя	Значения показателя по образцам сравниваемой техники		Индекс изменения показателя,
	базовой	новой	%
Производительность труда, тыс.руб/на 1 мех-ра	218,18	265,91	17,95
Годовая экономия совокупных затрат денежных средств, руб.	19920,43	22409,06	11,11
Годовая экономия затрат труда, чел-ч	635,95	633,50	-0,39
Число механизаторов, чел	11,00	11,00	
Капитальные вложения, руб.	25448000,00	26693000,00	4,66
Срок окупаемости дополнительных капиталовложений, лет		0,08	
Годовая потребность в топливе, т	58,17	59,01	1,42
Себестоимость сельскохозяйственной продукции, руб/т	36603,23	31072,38	-17,80

Проведенный расчет показывает, что сформированная в программе технология возделывания лука-севка позволяет за счет дополнительных капитальных вложений 1,5 млн. рублей, которые окупаются за 0,08 года, повысить производительность труда рабочих на 17 % и снизить себестоимость лука-севка на 5,5 тыс. рублей за 1 тонну.

В соответствии с ГОСТ Р 53056-2008, для проведения сравнительной экономической оценки применения разработанных адаптивных технологий и технических средств возделывания репчатого лука сформирована машинная технология возделывания репчатого лука по методике, описанной в главе 2. Для этого последовательно задаем параметры поля, посадочного материала и перечня машин. Сравнение проводили с базовой зональной технологией, принятой в АО «Озёры» Московской области (таблица 5.10).

Таблица 5.10 – Перечень машин для базовой и сформированной в программе «Программа подбора оптимальной машинной технологии возделывания луковых культур» технологий возделывания репчатого лука

Наименование операций	Базовая зональная агротехнология	Сформированная технология в программе «Подбора оптимальной машинной технологии возделывания луковых культур»
1	2	3
Тип почвы	Супесчанная	Супесчанная
Сорт	Штутгартен Ризен	Штутгартен Ризен
Норма высева, кг/га	1000	1000
Основная обработка почвы	К-744 +ПЛН-8-35	К-744 + ППО-8-35
Предпосадочная обработка почвы	К-744 + культиватор горизонтально-фрезерный 6 м;	К-744 + культиватор вертикально-фрезерный 6 м;
Посадка	МТЗ-82+Посадочная машина с ленточным ВА	МТЗ-82 Опытная посадочная с катушечно-вильчатым ВА
Калибрование	Роликовый калибратор Allround	Опытный калибратор с эластичными интенсификаторами

продолжение таблицы 5.10

1	2	3
Внесение удобрений	МТЗ-82+Разбрасыватель навесной	МТЗ-82+Разбрасыватель навесной
Внесение средств защиты растений (СЗР)	МТЗ-82+Навесной опрыскиватель, 24 м	МТЗ-82+Навесной опрыскиватель, 24 м
Орошение	Дождевание	Дождевание
Прогнозная урожайность, т/га	30	35
Факт. урожайность, т/га.	29	32

Полученные экономические показатели по базовой и сформированной в программе технологиям возделывания репчатого лука представлены в таблицах 5.10 и 5.11.

Таблица 5.11 – Структура себестоимости репчатого лука по новой и базовой технологиям

Наименование показателя	Значение показателя по сравниваемым вариантам машинных агротехнологий				Индекс изменения показателя, %
	Базовая технология		Новая технология		
	руб/га	руб/т	руб/га	руб/т	
1	2	3	4	5	6
Затраты средств на оплату труда	1136,68	39,20	1234,34	38,57	1,59
Затраты средств на ТСМ	2924,70	100,85	2771,80	86,62	14,11
Затраты средств на ремонт и ТО	9265,93	319,51	7346,51	229,58	28,15
Затраты средств на амортизацию	9326,28	321,60	7338,75	229,34	28,69
ИТОГО прямые эксплуатационные затраты денежных средств	22653,58	781,16	18691,40	584,11	25,23

продолжение таблицы 5.11

1	2	3	4	5	6
Значение величины убытка от уровня условий труда и ТБ	2291,52		2291,52		
Значение величины убытка от отрицательного воздействия на окр. Среду	423,86		402,68		
ИТОГО совокупные затраты денежных средств	25368,96		21385,60		
Затрата денежных средств на закупку сем.материала	75000,00		75000,00		
Затрата денежных средств на закупку СЗР	12500,00		12500,00		
Затрата денежных средств на закупку мин.удоб.	26100,00		26100,00		
Затраты денежных средств на подработку с/х продукции в хранилище	58000,00		64000,00		
Затраты денежных средств на хранение с/х продукции	35670,00		39360,00		
Земельный налог	300,00		300,00		
Накладные расходы	41514,00		51467,40		
ВСЕГО затрат денежных средств	297106,54	10245,05	308804,39	9650,14	

Проведенный расчет показывает, что сформированная в программе технология возделывания репчатого лука позволяет за счет дополнительных капитальных вложений 0,5 млн. рублей, которые окупаются за 1,26 года,

повысить производительность труда рабочих на 9,4 % и снизить себестоимость репчатого лука на 6 %.

Таблица 5.12 - Показатели сравнительной экономической эффективности базовой и сформированной в программе технологий возделывания репчатого лука

Наименование показателя	Значения показателя по образцам сравниваемой технологии		Индекс изменения показателя %
	базовой	новой	
Производительность труда, тыс.руб/на 1 мех-ра	197,73	218,18	9,38
Годовая экономия совокупных затрат денежных средств, руб	25368,96	21385,60	-18,63
Годовая экономия затрат труда, чел-ч	226,50	227,20	0,31
Число механизаторов, чел.	11,00	11,00	0,00
Капитальные вложения, млн.руб.	26671000,00	27151000,00	1,77
Срок окупаемости дополнительных капиталовложений, лет		1,26	
Годовая потребность в топливе, т	56,51	53,47	-5,69
Себестоимость сельскохозяйственной продукции, руб/т	10245,05	9650,14	-6,16

5.4 ВЫВОДЫ

1. Технико-экономическая оценка разработанных адаптивных технических средств для возделывания луковых культур, включающих в себя опытные образцы посевной машины с распределителем-отражателем изотонного типа для ленточного посева семян лука, опытной посадочной машины для ориентированной посадки лука-севка катушечно-вильчатом

высаживающим аппаратом, опытного образца роликового калибратора с эластичными интенсификаторами показывает, что за счет более равномерного распределения семян в ленте повышается урожайность лука-севка на 17 % и снижаются совокупные затраты на 1 тонну продукции на 17,3 %, при этом годовая экономия составит 102830,54 рублей, а дополнительные капиталовложения окупаются за 0,59 года при возделывании лука-севка на площади 70 га. За счет более высокой производительности посадочного агрегата снижены совокупные затраты на 1 тонну продукции репчатого лука на 16 %, при этом годовая экономия на 1 га составила 172507 рублей, а дополнительные капиталовложения окупаются за 1,52 года при возделывании на площади 20 га.

2. Расчет экономической эффективности опытного роликового калибратора с эластичными интенсификаторами показывает, что за счет повышения точности калибрования повышается выход товарной продукции на 8 %, в результате этого годовая экономия составила 34641 рубль при годовой загрузке 150 часов, а дополнительные капиталовложения окупаются за 0,2 года.

3. Производственная сравнительная оценка сформированной технологии возделывания лука-севка в программе «Программа подбора оптимальной машинной технологии возделывания луковых культур» в сравнении с базовой зональной технологией позволяет за счет дополнительных капитальных вложений - 1,5 млн. рублей, которые окупаются за 0,08 года, повысить производительность труда рабочих на 17 % и снизить себестоимость лука-севка на 5,5 тыс. рублей за 1 тонну. На возделывании репчатого лука за счет дополнительных капитальных вложений 0,5 млн. рублей, которые окупаются за 1,26 года, позволяет повысить производительность труда рабочих на 9,4 % и снизить себестоимость репчатого лука на 6 %.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Проведенный анализ современного состояния возделывания луковых культур показал, что наиболее перспективным направлением повышения эффективности возделывания луковых культур является разработка автоматизированных средств для проектирования машинных технологий адаптивных к почвенно-климатическим условиям и свойствам посадочного материала, а также разработка технических средств для ленточного посева семян лука с пассивными распределителями для посадки луковиц донцем вниз и калибрования на фракции с адаптивными интенсификаторами в виде эластичных рабочих органов.

2. Разработана классификация устройств для калибрования и посадки луковиц по степени их адаптивности к изменению форм и размеров луковиц, которая позволяет обосновать параметры и конструктивные схемы машин для калибрования и посадки луковиц.

3. Разработаны метод и модель проектирования наиболее эффективных адаптивных машинных технологий возделывания луковых культур в заданных условиях, основанные на коэффициенте адаптации машинных технологий возделывания луковых культур, представляющего собой отношение фактической урожайности, полученной при применении сформированной технологии, к потенциальной урожайности при зональной технологии, которое показывает адаптивность сформированной технологии к зоне возделывания и сорту.

4. Разработана компьютерная программа «Программа подбора оптимальной машинной технологии возделывания луковых культур» (свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2018619692 от 11.07.2018), которая позволяет реализовать в автоматическом виде сравнение вариантов технологий возделывания луковых культур по заданным параметрам.

5. Обоснованы и разработаны конструктивные и технологические схемы машин для ленточного посева с распределителем-отражателем

изотонного типа, машины для ориентированной посадки луковиц с катушечно-вильчатым высаживающим аппаратом и роликового калибратора с эластичными интенсификаторами.

Теоретические и экспериментальные исследования разработанных технических средств для возделывания луковых культур позволили получить:

- для машины ленточного посева семян лука систему дифференциальных уравнений отражающая зависимость конструктивных параметров поверхности распределителя-отражателя изотонного и антитонного типа, экспериментальные исследования которых показали, что наибольшее значение частоты квадратов с количеством семян 1 и 2 у сошника, оснащенного распределителем-отражателем изотонного типа и равно соответственно 48 % и 32 %;

- для катушечно-вильчатого высаживающего аппарата машины для ориентированной посадки лука-севка математическую модель, которая позволяют произвести расчет основных конструктивных параметров - радиус катушки, высота стержня вильчатого захвата и расстояние между стержнями, для выполнения поштучной подачи луковиц из бункера в семяпровод; зависимости для определения параметров ориентирующей воронки и алгоритм проектирования ориентирующей воронки высаживающего аппарата для посадки луковиц донцем вниз. Установлено, что наибольшая равномерность распределения луковиц катушечно-вильчатым высаживающим аппаратом для ориентированной посадки при наличии ориентирующей воронки, равная 88 %, при частоте вращения катушки высаживающего аппарата $2,5 \text{ с}^{-1}$;

- для роликового калибратора с эластичными интенсификаторами выражение для определения производительности роликового калибратора, которое учитывает размерно-массовые характеристики разделяемых материалов, что позволяет с большей точностью произвести расчет конструктивных и режимных параметров калибратора; условие интенсификации калибрования за счет ориентирования луковиц относительно калибрующих роликов, применением эластичного элемента. Оптимальное

значение скорости транспортера роликового калибратора с эластичными интенсификаторами 0,27-0,28 м/с, для луковиц с индексом формы 0,9 - 1,1 и двух эластичных интенсификаторах, что соответствует точности калибрования в пределах 95 - 97 %.

6. По результатам лабораторно-полевых исследований разработанных и изготовленных опытных образцов машин для ленточного посева семян лука, машин для ориентированной посадки лука-севка и машин для калибрования луковиц на фракции определены:

- наилучшие показатели равномерности распределения семян лука, отвечающие агротехническим требованиям, которые достигаются во всем диапазоне рабочих скоростей 1,9-2,8 м/с, что соответствует значению коэффициента вариации 0,49-0,51;

- значение точности калибрования репчатого лука на опытном образце роликового калибратора с эластичными интенсификаторами составляет 97 %, что соответствует 1 сорту репчатого лука по ГОСТ, при поступательной скорости транспортера 0,21 м/с и производительности калибратора 5,1 т/ч;

- максимальная равномерность распределения луковиц 87-88 %; количество луковиц, посаженных донцем вниз опытным образцом посадочной машины, оснащенной катушечно-вильчатым высаживающим аппаратом 69-70%, достигается при угле наклона семяпровода в интервале 35-40 градусов и частоте вращения катушки высаживающего аппарата $2,5 \text{ с}^{-1}$, что соответствует норме высева фракции 15-22 мм 1000 кг/га.

7. Производственная сравнительная оценка сформированной технологии возделывания лука-севка в компьютерной программе «Программа подбора оптимальной машинной технологии возделывания луковых культур» проведена в сравнении с базовой зональной технологией, что позволяет за счет дополнительных капитальных вложений 1,5 млн. рублей, которые окупаются за 0,08 года, повысить производительность труда рабочих на 17 % и снизить себестоимость лука-севка на 5,5 тыс. рублей за 1 тонну. На возделывании репчатого лука за счет дополнительных капитальных вложений

0,5 млн. рублей, которые окупаются за 1,26 года, повысили производительность труда рабочих на 9,4 % и снизили себестоимость репчатого лука на 6 %.

Расчет экономической эффективности опытной посевной машины с распределителем-отражателем изотонного типа для ленточного посева семян лука показывает, что ее применение позволяет за счет более равномерного распределения семян в ленте повысить урожайность на 17 % и снизить совокупные затраты на 1 тонну продукции на 17,3 %, при этом годовая экономия составила 102830,54 рублей.

Расчет для опытного роликового калибратора с эластичными интенсификаторами показывает, что за счет повышения точности калибрования повышается выход товарной продукции на 8 % в результате этого годовая экономия составила 34641 рубль при годовой загрузке 150 часов. Оценка опытной посадочной машины для ориентированной посадки лука-севка катушечно-вильчатым высаживающим аппаратом показывает, что за счет более высокой производительности посадочного агрегата снижены совокупные затраты на 1 тонну продукции на 16 %, при этом годовая экономия на 1 га составила 172507 рублей.

Рекомендации научно-исследовательским организациям

Для формирования адаптивных машинных технологий по критерию адаптации, представляющего собой отношение фактической урожайности, полученной при применении сформированной технологии, к потенциальной урожайности для зональной технологии заданной почвенно-климатической зоны предлагается использование разработанного метода и модели, основанных на элементах теории динамического программирования.

Рекомендации промышленным организациям

Для изготовления и разработки технических средств возделывания луковых культур с адаптивными рабочими органами рекомендуется рассчитывать конструктивные и технологические параметры по теоретически полученным и экспериментально подтвержденным зависимостям.

Для проектирования трехмерной модели распределителя-отражателя в КОМПАС 3D с дальнейшим его изготовлением на 3D принтере, рекомендуется использовать методику, основанную на системе дифференциальных уравнений.

Для проектирования адаптивных рабочих органов эластичного типа для посадки и калибрования луковиц рекомендуется использовать алгоритм проектирования ориентирующей воронки высаживающего аппарата для посадки луковиц донцем вниз и эластичного интенсификатора для роликового калибратора.

Рекомендации сельскохозяйственным организациям

Для применения программного обеспечения и технических средств на возделывании луковых культур рекомендуется:

- использовать компьютерную программу «Программа подбора оптимальной машинной технологии возделывания луковых культур» для формирования машинных технологий возделывания луковых культур, которая позволяет реализовать в автоматическом режиме сравнение вариантов технологий по заданным параметрам для условий конкретной организации;

- использовать для посева семян лука посевную машину ленточного типа с сошником, оснащенным распределителем-отражателем изотонного типа, при рабочей скорости в интервале 1,9-2,8 м/с, что соответствует значению коэффициента вариации 0,49-0,51;

- использовать на калибровании репчатого лука роликовый калибратор с эластичными интенсификаторами при поступательной скорости транспортера 0,21 м/с и производительности калибратора 5,1 т/ч, для получения 1 сорта репчатого лука по ГОСТ; при поступательной скорости транспортера 0,29-0,43 м/с и производительности калибратора 6,5-7,9 т/ч, для получения репчатого лука 2 сорта;

- использовать посадочную машину оснащенной катушечно-вильчатым высаживающим аппаратом для ориентированной посадки луковиц при угле наклона семяпровода в интервале 35-40 градусов и частоте вращения катушки высаживающего аппарата в $2,5 \text{ с}^{-1}$, что соответствует норме высева фракции 15-22 мм - 1000 кг/га.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Развитие цифровых интеллектуальных систем в сельскохозяйственном производстве обеспечивающих новый уровень автоматизации технологических процессов мониторинга и управления адаптивными технологиями и техническими средствами возделывания сельскохозяйственных культур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксенов, А.Г. Анализ интеллектуальных систем поддержки принятия решений в сельском хозяйстве / А.Г. Аксенов // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2019. - № 3. С. 46-51.
2. Аксенов, А.Г. Автоматическое ориентирование луковиц севка при посадке / А.Г. Аксенов // Проблемы автоматизации и управления в технических системах: Труды Международной научно-технической конференции. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2009. – С. 13–16.
3. Аксенов, А.Г. Вибрационный питатель / А.Г. Аксенов // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России: сборник материалов всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. – Пенза: РИО ПГСХА, 2009. – С. 49.
4. Аксенов, А.Г. Основные факторы, влияющие на процесс ориентированного посева лука-севка / А.Г. Аксенов // Инновации молодых ученых агропромышленному комплексу: Сборник научно-практической конференции Пензенской ГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2007. – С. 248.
5. Аксенов, А.Г. Определение конструктивных параметров вибрационно-пневматического высаживающего аппарата посадочной машины / А.Г. Аксенов // В сборнике: Инновационные направления развития АПК и повышение конкурентоспособности предприятий, отраслей и комплексов - вклад молодых ученых Сборник научных трудов по материалам XVI международной научно-практической конференции. Главный редактор: П.И Дугин. - 2013. - С. 3-8.
6. Аксенов, А.Г. Повышение качества посадки лука-севка с разработкой и обоснованием параметров вибрационно-пневматического высаживающего аппарата: дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01 / Аксенов Александр Геннадьевич. – Пенза, 2011. – 142 с.
7. Аксенов, А.Г. Теоретические аспекты динамического программирования адаптивных машинных технологий возделывания сельскохозяйственных

культур / Аксенов А.Г., Зуб Д.В. // Инновации в сельском хозяйстве. – 2018. – № 3 (28). – С. 253-259.

8. Аксенов, А.Г. Ориентированная посадка луковиц катушечно-вильчатым высаживающим аппаратом / А.Г. Аксенов, П.А. Емельянов, А.В. Сибирёв // Вестник Мордовского университета. – 2018. – № 1. – С. 20 – 24.

9. Аксенов, А.Г. Обеспеченность техникой для овощеводства / А.Г. Аксенов, А.В. Сибирёв, П.А. Емельянов // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – № 8. – С. 25 – 30.

10. Аксенов, А.Г. Установка для проведения исследований по ориентированию луковиц в воздушном потоке / А.Г. Аксенов, П.А. Емельянов // Студенческая наука – производству: сборник материалов XXXXX научно-практической конференции студентов инженерного факультета Пензенской ГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2005. – С. 160.

11. Аксенов, А.Г. Расчет и обоснование пневматической системы при модернизации сеялки СЛН-8А для посева лука-севка / А.Г. Аксенов, П.А. Емельянов // Современные аспекты развития АПК: сборник материалов 51-й научно-практической конференции студентов инженерного факультета Пензенской ГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2006. – С. 155.

12. Аксенов, А.Г. Катушечно-вильчатый высаживающий аппарат / А.Г. Аксенов, П.А. Емельянов, В.А. Овтов, А.В. Сибирёв // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. – № 5. С. 20-24.

13. Аксенов, А.Г. Сводоразрушитель в бункере лукопосадочной машины / А.Г. Аксенов, А.В. Сибирёв, П.А. Емельянов, В.А. Овтов // Сельский механизатор. – 2015. – № 9. – С. 16 – 17.

14. Аксенов, А.Г. Исследование характера движения воздушного потока в вертикально расположенных направляющих / А.Г. Аксенов, А.В. Коновалов, П.А. Емельянов // Студенческая наука – производству: сборник материалов XXXXX научно-практической конференции студентов инженерного факультета Пензенской ГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2005. – С. 160.

15. Аксенов, А.Г. Современное состояние производства лука в России и перспективы развития / А.Г. Аксенов, С.Б. Прямов, А.В. Сибирёв // Картофель и овощи. – 2016. – № 1. – С. 16 – 17.
16. Аксенов, А.Г. Исследование размерно-массовых характеристик лука-севка гибрида «Геркулес F1» / А.Г. Аксенов, А.В. Сибирев // Вестник Казанского ГАУ. – 2016. – № 2 (40). – С.5 – 10.
17. Аксенов, А.Г. Математическая модель ориентированной посадки луковиц донцем вниз / А.Г. Аксенов, А.В. Сибирёв, П.А. Емельянов // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – № 7. – С. 16 – 17.
18. Аксенов, А.Г. Методология разработки технологических и технических решений на возделывании овощных культур на примере посадки лука-севка / А.Г. Аксенов, А.В. Сибирёв, А.И. Козлова // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации государственной программы развития сельского хозяйства – международная научно-техническая конференция. – Москва: ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства», 2015. – С. 284-288.
19. Аксенов, А.Г. Согласование работы высаживающего аппарата и заделывающих органов на посадке луковиц лука-севка / А.Г. Аксенов, А.В. Сибирёв // Новые технологии и технические средства в АПК: сборник материалов международной конференции, посвященной 105 – летию со дня рождения профессора Красникова Владимира Васильевича. – Саратов: Издательство «КУБиК», 2013. – С. 3 – 6.
20. Аксенов, А.Г. Расчет и обоснование пневматической системы при модернизации сеялки СЛН-8А для посева лука-севка / А.Г.Аксенов, П.А. Емельянов // Современные аспекты развития АПК: сборник материалов 51-й научно-практической конференции студентов инженерного факультета Пензенской ГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2006. – С. 155.
21. Аксенов, А.Г. Установка для проведения исследований по ориентированию луковиц в воздушном потоке / А.Г. Аксенов, П.А. Емельянов // Студенческая наука – производству: сборник материалов XXXXX научно-практической

конференции студентов инженерного факультета Пензенской ГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2005. – С. 160.

22. Акт № 22-10-81. По результатам лабораторных и лабораторно-полевых испытаний сеялки точного высева лука-севка СЛС-12. ЦНИИТЭИ. – Правдинск, 1981. – С. 34.

23. Алдошин, Н.В. Выбор стратегий качественного выполнения механизированных работ / Н.В. Алдошин, Р.М. Дидманидзе // Международный технико-экономический журнал. – 2013. - № 5. – С. 67-70.

24. Алексеева, М.В. Культурные луки / М.В. Алексеева – М.: Сельхозгиз, 1960. – 303 с.

25. Альт, В.В. Компьютерные информационные системы в агропромышленном комплексе. / В.В. Альт, Т.Н. Боброва, Т.А. Гурова и др. – Новосибирск, 2008. – 220 с.

26. Артюшин, А.А. Управление производственными процессами в растениеводстве / А.А. Артюшин, И.Г. Смирнов // Сборник научных докладов ВИМ. - 2010. - Т. 2. – С. 621-627.

27. А. с. 2219613. Франция, МКИ² А01 С 11/02. Машина для посадки лука. (Франция). – Оpubл. 1975 г.

28. Баранович, Б.М. Изыскание технологического процесса и исследования рабочих органов для пунктирного посева лука-севка: автореферат дис. ... канд. техн. наук / Б.М. Баранович. – М., 1973. – 27 с.

29. Беллман, Р. Динамическое программирование / Р. Беллман. – М.: Издательство иностранной литературы, 1960. – 400 с.

30. Белов, О.В. Повышение эффективности производства капусты белокочанной в условиях Ленинградской области путем моделирования технологических процессов и компьютерного проектирования технологий: дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01 / О.В. Белов. – Санкт-Петербург, 2014. – 191 с.

31. Благодороднова, Е.И. Способы выращивания озимого лука на Кубани / Е.И. Благодороднова // Картофель и овощи. – 2006. - № 8. – с. 15-17.

32. Босой, Е.С. Теория, конструирование и расчет сельскохозяйственных машин / Е.С. Босой [и др.]. – М.: Машиностроение, 1978. – 567 с.
33. Будагов, А.А. Вертикально-дисковый высевающий аппарат для точного высева крупносемянных культур / А.А. Будагов, Н.И.Лисицын // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1972. – № 4. – С. 20-22.
34. Бузенков, Г.М. Машины для посева сельскохозяйственных культур / Г.М. Бузенков, С.А. Ма. – М.: Машиностроение, 1976. – 272 с.
35. Валге, А.М. Разработка распределенной компьютерной системы проектирования технологий / А.М. Валге, А.Г. Артемьев // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2005. – № 77. – С. 53-60.
36. Валге, А.М. Формализация технологий растениеводства как динамических систем / А.М. Валге // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2003. – № 74. – С. 26-34.
37. Вакарельский, И. Сеялка за ленточно-засаждане на арпаджик / И. Вакарельский // Научно Трудове ВИСТ селскостопански «Касил Коларов». – Пловдив, 1978. – С. 65-70.
38. Волкова, Н.А Экономическая оценка инженерных проектов / Н.А. Волкова, В.В. Коновалов, И.А. Спицын [и др.]. – Пенза: РИО ПГСХА, 2002. – 242 с.
39. Воронкин, Е.В. Разработка ресурсосберегающей технологии производства лука-севка в условиях Алтайского края: дис. ... канд. с-х. наук: 06.01.06 / Е.В. Воронкин. – Москва, 2009. – 185 с.
40. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие для студентов вузов / В.Е. Гмурман. – М.: Высшая школа, 2000. – 479 с.

41. ГОСТ 20915-2011. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытания. Введен 01.01.2013. – М.: Изд-во стандартов, 2013 – 55 с.
42. ГОСТ Р 53056-2008 Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. Введен 01.01.2009. – М.: Изд-во стандартов, 2009 – 15 с.
43. ГОСТ 28268-89. Метод определения влажности. – Взамен ГОСТ 12041-82; Введ. 01.01.89 г. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 4 с.
44. ГОСТ 28168-89. Почва. Отбор проб – М.: Изд-во стандартов. 1989. – 6 с.
45. ГОСТ 33687-2015 Машины и орудия для поверхностной обработки почвы. Методы испытаний. Введен 01.07.2017 – М.: Изд-во стандартов, 2017.- 42 с.
46. ГОСТ 23728-88. Методы экономической оценки. Техника сельскохозяйственная. – М.: Экономика, 1988. – 60 с.
47. ГОСТ 31345-2007. «Сеялки тракторные. Методы испытаний». Введен 01.01.2009 г. – М.: Стандартинформ, 2008. – 57 с.
48. ГОСТ 30088-93. Лук-севок и лук-выборок. Посевные качества. Общие технические условия. Введен 01.01.1995. – М.: Изд-во стандартов, 1995. - 22 с.
49. ГОСТ 34306-2017. Лук репчатый свежий. Технические условия. Введен 01.07.2018. – М.: Изд-во стандартов, 2018. - 22 с.
50. Дорохов, А.С. Разработка показателей комплексной оценки интеллектуализации машинного производства овощных культур / А.С. Дорохов, А.В. Сибирёв, А.Г. Аксенов // Тракторы и сельхозмашины – 2020. – № 1. – С. 20 – 24.
51. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.
52. Дубенок, Н.Н. Технология возделывания раннего репчатого лука при капельном орошении: Монография / Н.Н. Дубенок, В.В. Бородычев, М.П. Богданенко [и др.]. – М.: Проспект, 2016. – 176 с.
53. Емельянов, П.А. Использование кривых линий в механизмах, машинах и в технологических процессах сельскохозяйственного производства / П.А.

Емельянов, В.А. Овтов, А.Г. Аксенов, А.В. Сибирёв // Нива Поволжья. – 2018. – № 2. (43). – С. 112 – 117.

54. Емельянов, П.А. Модернизация сошниковой группы зерновой сеялки для подпочвенного рассева семян / П.А. Емельянов, В.А. Овтов, А.Г. Аксенов, А.В. Сибирёв // Нива Поволжья. – 2017. – № 2. (43). – С. 61 – 67.

55. Емельянов, П.А. Исследование физико-механических свойств / П.А. Емельянов // Техника в сельском хозяйстве. – 1996. – № 2. – С. 28-30.

56. Емельянов, П.А. Программное ориентирование луковиц при их посадке как задача управления с разомкнутой системой / П.А. Емельянов // Нива Поволжья. – 2007. – № 4 – С. 40.

57. Емельянов, П.А. Совершенствование технологии и технических средств ориентированной посадки луковиц: дис. ... докт. техн. наук / П.А. Емельянов. – Пенза, 2002. – 305 с.

58. Емельянов, П.А. Экспериментальные полевые исследования дискового заделывающего органа с почвоустройствами для заделки луковиц лука-севка / П. А. Емельянов, А.В. Сибирёв // Инновационные направления развития АПК и повышение конкурентоспособности предприятий, отраслей и комплексов – вклад молодых ученых: сборник научных трудов по материалам XVII международной научно-практической конференции. – Ярославль: ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА». - 2014. – С. 13 – 16.

59. Емельянов, П.А. Теоретические и экспериментальные исследования вибрационно-пневматического высаживающего аппарата для посадки луковиц лука-севка: Монография / П.А. Емельянов, А.В. Сибирёв, А.Г. Аксенов. – Пенза: РИО ПГСХА. – 2013. – 104 с.

60. Емельянов, П.А. Теоретические и экспериментальные исследования дискового заделывающего органа лукопосадочной машины: Монография / П.А. Емельянов, А.В. Сибирёв, А.Г. Аксенов. – Пенза: РИО ПГСХА. – 2015. – 174 с.

61. Емельянов, П.А. Прибор для определения усилия на разрыв листьев луковиц / П.А. Емельянов, А.Г. Аксенов // Сельский механизатор. – 2009. – № 5. С. 14.

62. Емельянов, П.А. Подпочвенно-разбросной посев зерновых культур / П.А. Емельянов, В.А. Овтов, Д.М. Матвеев, А.Г. Аксенов, А.В. Сибирёв // Сельский механизатор. – 2016. – № 5. – С. 16.
63. Емельянов, П.А. Использование воздушного потока при ориентировании тел луковиц / П.А. Емельянов, А.Г. Аксенов, А.В. Коновалов // Аграрная наука - 2007. – № 3. – С. 31–32.
64. Емельянов, П.А. Модернизированная сеялка для посева лука-севка / П.А. Емельянов, А.Г. Аксенов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 2007. – № 5. – С. 11.
65. Емельянов, П.А. Исследование физико-механических свойств лука-севка сорта «Бессоновский местный» / П.А. Емельянов, А.Г. Аксенов // Нива Поволжья. – 2009. – № 1. – С. 55–61.
66. Емельянов, П.А. Классификация средств механизации посадки лука-севка / П.А. Емельянов, А.Г. Аксенов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2009. – №2. – С. 29–30.
67. Емельянов, П.А. Теоретические исследования рабочего процесса вибрационно-пневматического высаживающего аппарата при ориентированной посадке лука-севка / П.А. Емельянов, А.Г. Аксенов // Нива Поволжья. – 2011. – № 2. – С. 60–64.
68. Емельянов, П.А. Экспериментальные исследования вибрационно-пневматического высаживающего аппарата на посадке луковиц лука-севка / П.А. Емельянов, А.Г. Аксенов // Нива Поволжья. – 2011. - № 3. – С. 56–63.
69. Емельянов, П.А. Классификация средств механизации заделывающих органов семенного материала посевных и посадочных машин / П.А. Емельянов, А.В. Сибирёв, А.Г. Аксенов // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – № 11. – С. 28 – 30.
70. Емельянов, П. А. Теоретические предпосылки процесса заделки луковиц в борозде / П. А. Емельянов, А. В. Сибирёв, А. Г. Аксенов // Нива Поволжья. – 2012. – № 3. (24). – С. 33 – 36.

71. Емельянов, П.А. Исследование силовой характеристики дискового заделывающего органа луковой сеялки / П.А. Емельянов, А.В. Сибирёв, А.Г. Аксенов // Нива Поволжья. – 2013. – № 1 (26). – С. 40 – 46.
72. Емельянов, П.А. Вибрационно-пневматический высаживающий аппарат/ П. А. Емельянов, А. Г. Аксенов // Тракторы и сельхозмашины. – 2013. – № 9. – С. 11 – 13.
73. Емельянов, П.А., Лукопосадочная машина / П.А. Емельянов, Аксенов А.Г. // Сельский механизатор. – 2013. – № 10. – С. 12-13.
74. Емельянов, П.А. Эффективность применения передвижного почвенного канала при проведении лабораторных исследований / П.А. Емельянов, А.В. Сибирёв, А. Г. Аксенов // Вестник Красноярского ГАУ. – 2013. – № 10. – С. 216 – 219.
75. Емельянов, П.А. Определение количества почвы для качественной заделки луковиц лука-севка в борозде / П.А. Емельянов, А.В. Сибирёв, А.Г. Аксенов // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 1. – С. 25 – 27.
76. Емельянов, П.А. Прибор для определения усилия на разрыв листьев луковиц / П.А. Емельянов, В.П. Никульшин, А.Г. Аксенов. – Материалы МНПК, посвящённой памяти профессора А.Ф. Блинохватова //Образование, наука, практика, инновационный аспект. – Пенза, 2008. – С. 194.
77. Емельянов, П.А. Высевающий аппарат для ориентированного посева лука-севка / П.А. Емельянов, А.Г. Аксенов // В сборнике: Аграрная наука - сельскому хозяйству сборник научных трудов, посвященный 90-летию Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – Самара: Самарская ГСХА. 2010. – С. 152-156.
78. Емельянов, П.А. Теоретическое обоснование по применению заделывающих органов на посевных и посадочных машинах / П.А. Емельянов, А. В. Сибирёв, А.Г. Аксенов // Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства: сборник статей Международной научно-практической конференции. – Пенза: РИО ПГСХА. – 2014. – С. 62-64.

79. Емельянов, П.А. Математическая модель работы катушки катушечно-вильчатого высаживающего аппарата / П.А. Емельянов, В.А. Овтов, А.Г. Аксенов, А.В. Сибирёв // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации государственной программы развития сельского хозяйства – международная научно-техническая конференция. – Москва: ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства», 2015. – С. 246-249.
80. Емельянов, П.А. Ориентированная посадка луковиц /Емельянов П.А., Овтов В.А., Аксенов А.Г. // Сельский механизатор. – 2014. – № 4 (62). – С. 10.
81. Емельянов, П.А. Устройство для заделки луковиц в борозде / П. А. Емельянов, А. В. Сибирёв, А. Г. Аксенов // Сельский механизатор. – 2014. – № 7. – С. 13 – 14.
82. Емельянов, П.А. Сошник посадочной машины / П.А. Емельянов, А.В. Сибирёв, А. Г. Аксенов // Сельский механизатор. – 2015. – № 4.–С. 13 – 14.
83. Емельянов, П.А. Экспериментальные лабораторные исследования сошника лукопосадочной машины / П.А. Емельянов, А.В. Сибирёв, А.Г. Аксенов // Нива Поволжья. – 2015. – № 2. (24). – С. 33–36.
84. Емельянов, П.А. Введение в теорию ориентирования тел техническими средствами в сельскохозяйственных технологических процессах / П.А. Емельянов, Н.М. Ибрагимов. – Пенза: РИО ПГСХА, 2007. – 128 с. ил.: 46.
85. Емельянов, П.А. Теоретические и экспериментальные исследования дискового заделывающего органа лукопосадочной машины: Монография / П.А. Емельянов, А.В. Сибирёв, А.Г. Аксенов. – Пенза РИО ПГСХА. – 2015. – 174 с.
86. Завалишин, Ф.С. Методы исследований по механизации сельскохозяйственного производства / Ф.С. Завалишин, М.Г. Мацнев. – М.: Колос, 1982. – 231 с.
87. Зиновьев, Ю.И. Канавочно-дисковый высевной аппарат / Ю.И. Зиновьев // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1971. – № 4. – С. 18-20.
88. Зернов, В.Н. Выпадение клубней через выбросное окно высаживающего

аппарата / В.Н. Зернов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1983. – № 7. – С. 23-24.

89. Зернов, В.Н. Методология формирования технологий и технических средств для выполнения работ в селекции и семеноводстве картофеля / В.Н. Зернов, Н.Н. Колчин, А.С. Дорохов, А.Г. Аксенов, С.Н. Петухов // Научно-практическая конференция «Современные технологии производства, хранения и переработки картофеля» – Москва: ФГБНУ «ВНИИКХ им. А.Г. Лорха», 2017. – С. 107 – 111.

90. Измайлов, А.Ю. Агротехническое и экологическое обоснование эффективности (целесообразности) использования биоактивных технологических способов обработки почвы в системе машинных технологий для обработки залежей и запущенных угодий / А.Ю. Измайлов, Я.П. Лобачевский, О.А. Сизов [и др.]. // Международная научно-техническая конференция, посвященная 145-летию со дня рождения основоположника земледельческой механики академика В.П. Горячкина. – Москва, 2013. – С. 127-130.

91. Измайлов, А.Ю. Современные технологии и специальная техника для картофелеводства / А.Ю. Измайлов, Н.Н. Колчин, Я.П. Лобачевский // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. – № 2. – С. 45-48.

92. Измайлов, А.Ю. Экспертные системы интеллектуальной автоматизации технических средств сельскохозяйственного назначения / А.Ю. Измайлов, А.А. Гришин А.П. Гришин // Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий. – Москва, 2014. – С. 379-382.

93. Измайлов, А.Ю., Гришин А.А., Гришин А.П., Интеллектуальная автоматизация технических средств сельскохозяйственного назначения / А.Ю. Измайлов, А.А. Гришин, А.П. Гришин. // Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий. – Москва, 2014. – С. 359-362.

94. Измайлов, А.Ю. Роботы для современных машинных технологий в растениеводстве / А.Ю. Измайлов, И.Г. Смирнов, Я.П. Лобачевский // Международная научно-техническая конференция «Интеллектуальные

машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства». – Москва, – 2015. – С. 128-132.

95. Измайлов, А.Ю., Лобачевский Я.П. Система технологий и машин для инновационного развития АПК России / А.Ю. Измайлов, Я.П. Лобачевский Я.П. // В сборнике: Система технологий и машин для инновационного развития АПК России. «Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции, посвященной 145-летию со дня рождения основоположника земледельческой механики академика В.П. Горячкина. Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства». – 2013. – С. 7-10.

96. Измайлов, А.Ю. Управление и информационное обеспечение инновационными технологическими процессами в растениеводстве / А.Ю., Измайлов, Я.П. Лобачевский // Сборник научных докладов ВИМ. - 2010. - Т. 1. - С. 47-58.

97. Измайлов, А.Ю., Смирнов И.Г., Артюшин А.А., Филиппов Р.А., Хорт Д.О. Информационно-техническое обеспечение производственных процессов в садоводстве / А.Ю. Измайлов, И.Г. Смирнов, А.А. Артюшин // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2014. – № 6. – С. 36-40.

98. Казакова, А.А. Лук / А.А. Казакова. – Л.: Колос, 1970. – 359 с.

99. Кардашевский, С.В. Высевающие устройства посевных машин / С.В. Кардашевский. – М.: Машиностроение, 1973. – 176 с.

100. Кардашевский, С.В. Ложечный высевающий аппарат для овощных сеялок / С.В. Кардашевский // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1967. – № 5. – С. 23-26.

101. Ким, Б.Н. Механизированное возделывание лука и чеснока / Б.Н. Ким, Б.А. Утепов // Картофель и овощи. – 1977. – № 5. – С. 27-28.

102. Кленин, Н.Н. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: элементы теории рабочих процессов, расчет регулировочных параметров и режимов работы / Н.Н. Кленин, В.А. Сакур. – М.: Колос, 1980. – 671 с.

103. Колчин, Н.Н. Механизация отечественного овощеводства: состояние и основные направления развития / Н.Н. Колчин, Туболев С.С., А.Г. Аксенов, [и др.]. // Картофель и овощи. - 2017. - № 5. - С. 2-8.
104. Колчин, Н.Н. Применение и развитие машинных технологий производства картофеля / Н.Н. Колчин, В.Н. Зернов, С.Н. Петухов [и др.] // Научно-практическая конференция «Современные технологии производства, хранения и переработки картофеля» – Москва: ФГБНУ «ВНИИКХ им. А.Г. Лорха», 2017. – С. 107 – 111.
105. Комаристов, В.Е. Исследование катушечных высевающих аппаратов / В.Е. Комаристов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1966. – № 5. – С. 54-55.
106. Коновалов, В.В. Практикум по обработке результатов научных исследований с помощью ПЭВМ: Учебное пособие / В.В. Коновалов. – Пенза: ПГСХА, 2003. – 176 с.
107. Крючин, Н.П. Анализ пневматического транспортирования семян в сеялках централизованного высева / Н.П. Крючин, А.П. Горбачев // Сборник статей IV Международной научно-практической конференции: Эксплуатация автотракторной и сельскохозяйственной техники: опыт, проблемы, инновации, перспективы. – Пенза, 2019. – с. 46-49.
108. Кутейников, Ф.В. Лукопосадочная машина "ЛСК-2" (Экспериментально-исследовательские работы, подбор оптимальных параметров и результаты испытаний): дис. ... канд. с.-х. наук / Ф.В. Кутейников. – М., 1944. – 76 с.
109. Кухмазов, К.З. Совершенствование технологии и технических средств для производства лука-севка в условиях Среднего Поволжья: дис. ... докт. техн. наук / К.З. Кухмазов. – Пенза, 2000. – 402 с.
110. Кухарев, О.Н. Некоторые результаты исследования физико-механических свойств лука-севка / О.Н. Кухарев // Сб. науч. трудов. Проблемы и перспективы развития АПК в условиях рыночных отношений. Ч. 3. «Животноводство и ветеринарная медицина. Механизация. Агронимия». – Мичуринск, 1998. – С. 83-85.

111. Кухарев, О. Н. Совершенствование технологического процесса посева лука-севка с обоснованием конструктивно-кинематических параметров ячеисто-барабанного высевающего аппарата с ориентирующим устройством: дис. ... канд. техн. наук / О. Н. Кухарев. – Пенза, 2000. – 165 с.
112. Кухарев, О.Н. Энергосберегающие технологии ориентированной посадки сельскохозяйственных культур (на примере лука и сахарной свеклы): дис. ... докт. техн. наук / О.Н. Кухарев. – Пенза, 2006. – 414 с.
113. Ларюшин, Н.П. Техничко-экономические основы применения различных схем посева лука-севка / Н.П. Ларюшин, О.Н. Кухарев // Международная научно-практическая конференция. «Проблемы сельскохозяйственного производства в меняющихся экономических условиях в XXI веке». Сб. науч. трудов. – Пенза, 2000. – С. 54-55.
114. Ларюшин, Н.П. К вопросу теоретического обоснования ориентированного посева лука-севка / Н.П. Ларюшин, К.З. Кухмазов, О.Н. Кухарев // Актуальные агроинженерные проблемы АПК: сб. науч. трудов. Поволжской межвузовской конференции. – Самара, 2001. – С. 195-197.
115. Ларюшин, Н.П. Комплекс машин для производства лука. Теория, конструкция, расчет / Н.П. Ларюшин, К.З. Кухмазов, П.А. Емельянов и [др.]; под ред. Н.П. Ларюшина. – Пенза: ПГСХА, 2001. – 267 с.
116. Ларюшин, Н.П. Машина для посева лука-севка / Н.П. Ларюшин, К.З. Кухмазов, О.Н. Кухарев // Сельский механизатор. – 2000. – № 11. – С. 11.
117. Ларюшин, Н.П. Обоснование широкополосного посева лука-севка / Н.П. Ларюшин, К.З. Кухмазов, О.Н. Кухарев // Материалы научной конференции профессорско-преподавательского состава и специалистов сельского хозяйства. Сборник № 2. – Пенза, 1997. – С. 23.
118. Ларюшин, Н.П. Результаты исследований физико-механических свойств лука-севка сорта Бессоновский местный / Н.П. Ларюшин, К.З. Кухмазов, О.Н. Кухарев // Сб. науч. трудов. – Пенза. 1998. – С. 90.
119. Ларюшин, Н.П. Широкополосный способ посадки лука-севка сеялкой с ячеисто-барабанным высевающим аппаратом / Н.П. Ларюшин, С.Е. Юртаев,

- К.З. Кухмазов, [и др.]. // III Международная научно-производственная конференция «Интродукция нетрадиционных и редких сельскохозяйственных растений». Том 3. – Пенза, 2000. – С. 209-210.
120. Ларюшин, Н.П. Рекомендации по технологии производства репчатого лука сорта Бессоновский (для слушателей семинара) / Н.П. Ларюшин, С.Е. Юртаев, А.И.Чирков, и др.; под ред. Н.П. Ларюшина – Пенза, 1989. – 30 с.
121. Личман, Г.И. Обоснование критерия адаптации машинной технологии применения удобрений к конкретным условиям / Г.И. Личман, И.Г. Смирнов // В сборнике: Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции. Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства. - 2015. - С. 167-172.
122. Лобачевский, Я.П. Машинная технология производства лука: Монография / Я.П. Лобачевский, П.А. Емельянов, А.Г. Аксенов, А.В. Сибирёв. – Москва: ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. – 2016. – 168 с.
123. Лойцянский, Л.Г. Курс теоретической механики: В 2-х томах. Т.1. Статика и кинематика / Л.Г. Лойцянский, А.И. Лурье. – М.: Наука, 1982. – 352 с.
124. Лойцянский, Л.Г. Курс теоретической механики: В 2-х томах. Т.2. Динамика / Л.Г. Лойцянский, А.И. Лурье. – М.: Наука, 1983. – 640 с.
125. Матвеев, А.А. Ориентация маточных луковиц при посадке их картофелесажалками / А.А. Матвеев // Сб. науч. трудов. – Нижегородский с.-х. институт, 1991. – С. 33-38.
126. Матвеев, А.А. Теоретические основы распределения луковиц в борозде при машинной посадке / А.А. Матвеев, В.М. Годухин // Сб. науч. трудов. – Нижегородский с.-х. институт, 1991. – С. 43-47.
127. Мачнев, А.В. Энергосберегающая технология и технические средства подпочвенно-разбросного посева зерновых культур: дис. ... докт. техн. наук / А.В. Мачнев – Пенза, 2011. – 469 с.

128. Михеев, В.В. К методике интеллектуализации производства пропашных культур / В.В. Михеев, П.А., Еремин, А.Г. Аксенов и др. // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2019. - № 3. – С. 83-88.
129. Мельников, С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рошин. – Л.: Колос, Ленингр. отд-ние, 1980. – 168 с.
130. Мерзон, В.И. Теоретическая механика / В.И. Мерзон. – М.: Высшая школа, 1972. – 273 с.
131. Методика определения экономической эффективности технологии и сельскохозяйственной техники. – М.: МСХ и продовольствия РФ, 1998. – 220 с.
132. Никульшин, В.П. К вопросу механизации посадки маточников репчатого лука / В.П. Никульшин, И.И. Ершов, С.В. Крылов // Труды молодых учёных и аспирантов по селекции и семеноводству овощных культур. – М., 1970. – С. 23-25.
133. Отчет о выполнении НИОКР по теме: Разработка программно-аппаратных средств обеспечения эффективности процессов управления в технических системах (государственный контракт № 7391р/10199 от 28.12.2009) / П.А. Емельянов, А.Г. Аксенов и [др.]; под ред. И.В. Урнева. – Пенза, 2010. – С. 6-12.
134. Патент № 82511. Россия, МПК А01 С11/02. Высевающее устройство для ориентированного посева лука-севка / П.А. Емельянов, А.Г. Аксёнов. – Заявл. 10.12.07. Оpubл. 10.05.09 г. Бюл. № 13.
135. Патент № 1527099. Франция, МПК А01 С11/02. Пневмомеханический высаживающий аппарат. (Франция). – Оpubл. 31.05.1968 г.
136. Патент № 2020106065 Россия, МПК А01С 11/02. Сошник посадочной машины луковиц и луковичных культур / А.С. Дорохов, А.В. Сибирёв, А.Г. Аксенов, М.А. Мосяков, Н.В. Сазонов, № 2020106065; Заяв. 10.02.2020. Оpubл. 21.05.2020, Бюл. № 3.
137. Патент № 2407271. Россия, МПК А01 С11/02. Вибрационно-пневматический высаживающий аппарат для ориентированной посадки лука-

севка / П.А. Емельянов, А.Г. Аксенов. - № 2008149668/21; Заяв. 16.12.2008 г. Оpubл. 27.12.2010 г. Бюл. № 36.

138. Патент № 2585481 Россия, МПК А01 D17/00. Машина для уборки лука-севка / А.Г. Аксенов, С.А. Прямов, А.В. Сибирёв. – № 2585481; Заяв. 24.06.2015; Оpubл. 27.05.2016, Бюл. № 15.

139. Патент № 2490851. Россия, МПК А01 С5/00 Устройство дискового типа для заделки луковиц в борозде / П.А. Емельянов, А.В. Сибирёв А.Г. Аксенов. – № 2490851; Заяв. 6.04.2012; Оpubл. 27.08.2013, Бюл. № 24.

140. Патент № 2492615 Россия, МПК А01 С11/02 Пневмомеханический высаживающий аппарат с вибрационно-ориентирующим питателем для ориентированной донцем вниз посадки лука-севка / П.А. Емельянов, В.А. Овтов, А.Г. Аксенов. – № 2011142657/13; Заяв. 16.12.2008; Оpubл. 21.10.2011, Бюл. № 36.

141. Патент № 2612318 С Россия, МПК А01 С5/00. Сошник для подпочвенного разбросного посева семян сельскохозяйственных культур / Н.П. Крючин, В.А. Киров, Д.Н. Котов, С.Н. Тарасов, А.С. Черняев – № 201515393; Заяв. 15.12.2015; Оpubл. 06.03.2017, Бюл. № 7.

142. Патент № 2544631 Россия МПК: А01С7/12; А01С7/16. Катушечно-вильчатый высаживающий аппарат для посадки луковичных культур / П.А. Емельянов, А.Г. Аксенов, В.А. Овтов, П.А. Сидоров. – № 2013130113/13; Заяв. 01.07.2013; Оpubл. 01.07.2015, Бюл. № 24.

143. Патент № 2493684 Россия, МПК А01 С5/00. Сошник посадочной машины / П. А. Емельянов, А. В.Сибирёв, А.Г. Аксенов. – № 2493684; Заяв. 6.04.2012; Оpubл. 27.08.2013, Бюл. № 24.

144. Патент № 2562535 Россия, МПК А01 С7 / 20. Сошник для подпочвенного разбросного посева семян / П.А. Емельянов, В.А. Овтов, А.В. Сибирёв, А.Г. Аксенов, Д.М. Матвеев. – № 2562535; Заяв. 18.02.2014; Оpubл. 10.09.2015, Бюл. № 24.

145. Патент № 2711780 Россия, МПК А01 В 63/00. Линия для послеуборочного сортирования клубней картофеля, корней и плодов овощей / А.С. Дорохов, А.Г.

Аксенов, Н.Н. Колчин, Н.В. Сазонов, М.А. Мосяков, А.В. Сибирёв, - № 2019134036; Заяв. 24.10.2019. Оpubл. 22.01.2020, Бюл. № 3.

146. Патент № 2595397 Россия, МПК А01 С11/02. Высаживающий аппарат для ориентированной посадки луковых культур / А.Г. Аксенов, П.А. Емельянов, В.А. Овтов, А.В. Сибирёв. - № 2595397; Заяв. 18.05.2015; Оpubл. 8.08.2016, Бюл. № 15.

147. Патент № 2630449 Россия, МПК А01 D33/00. Линия для послеуборочной доработки, предпосадочной и товарной подготовки корнеклубнеплодов и луковиц / А.Г. Аксенов, А.В. Сибирёв, В.В. Михеев, А.Г. Пономарев, Н.Н. Колчин, В.К. Пышкин, А.С. Чулков, А.В. Трифонов. № 2016126467; Заяв. 01.07.2016; Оpubл. 08.09.2017, Бюл. № 25.

148. Пивоваров, В.Ф. Овощи новинки на вашем столе / В.Ф. Пивоваров, П.Ф. Конанков, В.П. Никульшин. – М.: Союз, 1995. – 226 с.

149. Поликанов, А.В. Совершенствование технологического процесса полосового посева семян лука с обоснованием параметров подпочвенно-разбросного сошника: дис. ... канд. техн. наук / А.В. Поликанов. – Пенза, 1999. – 183 с.

150. Полуэктов Р.А. Динамические модели агроэкосистемы. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 312 с.

151. Попов, В.Д. Повышение эффективности производства продукции растениеводства с использованием информационных технологий / В.Д. Попов, А.М. Валге, Э.А. Папушин // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2009. – № 81. – С. 32-39.

152. Попов, В.Д. Моделирование и оптимизация процессов и технологий заготовки кормов из трав в условиях северо-запада России / В.Д. Попов, А.М. Валге - Санкт-Петербург, 2005. – 174 с.

153. Попов, В.Д. Информационная и структурная модели управления технологиями в растениеводстве / В.Д. Попов, А.И. Сухопаров // Вестник РАСХН. – 2010. – № 3. – С. 7-8.

154. Посявин, А.Т. Технология производства лука / А.Т. Посявин – М.: Россельхозиздат, 1984. – 96 с.
155. Протокол № 19-37-85. Государственные периодические испытания сеялки лука-севка СЛН-8Б. – Кинель: Поволжская МИС, 1985. – 34 с.
156. Рабинович, А.Н. Автоматическое ориентирование и загрузка штучных деталей / А.Н. Рабинович. – Киев: Машгиз, – 1968. – 304 с.
157. Растрин, Л.А. Адаптация сложных систем. Методы и приложения /Л.А. Растрин – Рига: Зинатне, 1981 – 375 с.
158. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RUS №2018619692 от 11.07.2018 Программа подбора оптимальной машинной технологии возделывания луковых культур / Д.В. Зуб, А.Г. Аксенов, А.Ю. Измайлов. – заяв. №2018619692 от 11.07.2018.
159. Сибирёв, А.В. Цифровизация машинной технологии уборки лука искусственными нейронными сетями / А.В. Сибирёв, А.С. Дорохов, А.Г. Аксенов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2019. – № 20 (1). – С. 84 – 91.
160. Сибирёв, А.В. Обоснование конструктивных параметров сошника с пружинно-упругим механизмом для заделки посадочного материала почвой / А.В. Сибирёв, А.Г. Аксенов, М.А. Мосяков // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2019. – № 2. – С. 20 – 24.
161. Сибирёв, А.В. Результаты поисковых исследований по обоснованию конструкции дискового заделывающего органа лукопосадочной машины / А.В. Сибирёв, А.Г. Аксенов, П.А. Емельянов // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2016. – № 1. – С. 20 – 24.
162. Сибирёв, А.В. Методика проведения поисковых опытов по заделке луковиц в борозде / А.В. Сибирёв, А. Г. Аксенов // Вклад молодых учёных в инновационное развитие АПК России: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. – Том II. – Пенза: РИО ПГСХА, 2012. –

С.151 – 153.

163. Сибирёв, А.В. Методика экспериментального определения частоты вращения дискового заделывающего органа с почвонаправителями / А.В. Сибирёв, А.Г. Аксенов, А.Ю. Дунюшкин // Инновационные идеи молодых исследователей для АПК России: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. – Том III. – Пенза: РИО ПГСХА, 2013. – С.195 – 197.

164. Сибирёв, А.В. Методика проведения лабораторных исследований дискового заделывающего органа с почвонаправителями по определению глубины заделки луковиц в борозде / А.В. Сибирёв, А.Г. Аксенов, А.Ю. Дунюшкин // Инновационные идеи молодых исследователей для АПК России: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. – Том II. – Пенза: РИО ПГСХА, 2014. – С. 215 – 217.

165. Сибирёв, А.В. Обоснование технологических процессов и разработка технических средств для уборки лука-севка: дис. ... докт. техн. наук / А.В. Сибирёв. – Москва, 2020. – 507 с.

166. Социнев, С.И. Разработка и обоснование конструктивно-кинематических параметров сошника с роторно-лопастным раскладчиком семян: дис. ... канд. техн. наук / С.И. Социнев. – Пенза, 2005. – 189 с.

167. Соколов, В.А. Обоснование параметров вилочного захвата аппарата точного высева лука-севка / В.А Соколов // Научно-технический бюллетень. Всесоюзный НИИ механизации сельского хозяйства. – М., 1981. – Вып. 48. – С. 20-23.

168. Смирнов, И.Г. Разработка технологических процессов и технических средств для интеллектуальных технологий возделывания кустарниковых ягодных культур дис. ... докт. техн. наук / И.Г. Смирнов – Москва, 2019. – 427 с.

169. СТО АИСТ 5.4-2010 «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины высадкопосадочные. Методы оценки функциональных показателей». – М.: Изд-во стандартов, 2010. – 27 с.

170. СТО АИСТ 5.6 -2018 «Испытания сельскохозяйственной техники.

Машины посевные и посадочные. Показатели назначения и надежности. Общие требования» – М.: Изд-во стандартов, 2018. – 26 с.

171. Требин, Б.Н. Исследование качества посева лука-севка при различных способах машинного и ручного сева в производственных условиях / Б.Н. Требин // Труды Пензенской СХИ. Вып. 8. – Пенза, 1964, – С. 3-13.

172. Хегай, П.А. Разработка и обоснование основных параметров высевающего аппарата точного высева лука-севка. / П.А. Хегай, В.А. Соколов // Сборник научных трудов ВИМ. – М., 1990. – С. 69-80.

173. Ховрин, А.Н. Производство и селекция репчатого лука в России / А.Н. Ховрин, Г.Ф. Монахос // Картофель и овощи. – 2014. - № 7. – С. 18-22.

174. Хорт, Д.О. Построение машинной технологии смородины черной: дис. ... канд. с-х. наук / Д.О. Хорт. – М., 2011. – 170 с.

175. Хорев, П.Н. Совершенствование технологического процесса посадки лука-матки с обоснованием конструктивно-кинематических параметров цепочно-ложечного высаживающего аппарата с ориентирующим устройством: дис. ... канд. техн. наук / П.Н. Хорев. – Пенза, 2001. – 157 с.

176. Экономическое обоснование внедрения научно-технического прогресса в АПК (методические рекомендации, примеры расчета). - М.: МСХ и продовольствия РФ, 1991. – 184 с.

177. Aksenov, A.G. Onion set bulb position during planting with vibration-pneumatic planting device / Aksenov A.G. // Agricultural Research and Technology: Open Access Journal. – 2018. Т. – 16. С. 1.

178. Aksenov, A.G. Onion bulbs orientation during aligned planting of seed-onion using vibration-pneumatic planting device / A.G. Aksenov, A.Yu. Izmailov, A.S. Dorokhov, A.V. Sibirev - INMATEH - Agricultural Engineering. – 2018. – Т. 55. – № 2. - С. 63-69.

179. Aleksandr G. Aksenov Technical Support of Vegetable Growing in Countries of the Eurasian Economic Union / Aleksandr G. Aksenov, Aleksei V. Sibirev // AMA – Agricultural mechanization in Asia, Africa and Latin America. – 2020. – vol.51 № 3. S. 12-18.

180. Amol, B. Rohokale A review on multi-seed sowing machine / Amol, B. Rohokale, Pavan D. Shewale, Sumit B. Pokharkar, Keshav K. Sanap // International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET). - 2014. - Vol. 5. - pp. 180 – 186.
181. Dorokhov, A.S. Methodological justification of dynamic systems model construction by artificial neural networks / A.S. Dorokhov, A.G. Aksenov, A.V. Sibirev // INMATEH – Agricultural Engineering. – 2019. – № 2. (58). – C. 63-75.
182. Dorokhov, A.S. Results of laboratory investigations of soil screening ability of a chain digger with asymmetric vibrator arrangement / A.S. Dorokhov, A.V. Sibirev, A.G. Aksenov // INMATEH – Agricultural Engineering. – 2019. – № 1. (57). – pp. 9 – 18.
183. Dorokhov, A.S. Laboratory-field research results for onion cleaning / A.S. Dorokhov, A.V. Sibirev, A.G. Aksenov, M.A. Mosyakov // INMATEH – Agricultural Engineering. – 2020. – № 2. (57). – pp. 41 – 48.
184. Ivor Frederich Kemp Improvements relating to Machines for Planting Bulbs and the line. Englist Patent, Cl. AID, № 978381.
185. James L. Brewster. Onions and Other Vegetable Alliums: 2-nd edition. – CABI, 2008. – 432 pp. – (Crop Production Science in Horticulture, 15).
186. Keating, B.A. Modelling crops and cropping systems / B Keating // Evolving purpose, practice and prospects European Journal of Agronomy. – 2018. - № 4. (<https://doi.org/10.1016/j.eja.2018.04.007>).
187. Keating, BA An overview of APSIM, a model designed for farming systems simulation / Keating, BA; Carberry, PS; Hammer, GL // European journal of agronomy – JAN 2003 – № 18 – S. 267-288.
188. Nilesh N. Jadhav, Harshal R. Aher, Amol P. Ghode. Design and Fabrication of Onion Seed Sowing Machine // International Journal on Recent Technologies in Mechanical and Automobile Engineering. 2015. Vol. 2. pp. 1 – 10.

189. Ronald E. Voss, Mike Murray, Kent Bradford, Keith S. Mayberry, Ivan Miller, Rachel Long, Sandra Gillespie. Onion Seed Production in California // University of California Agriculture and Natural. 2013. Vol. 4. pp. 1 – 8.
190. Sibirev, A.V. Comparative study of force action of harvester work tools on potato tubers / A.V. Sibirev, A.G. Aksenov, A.S. Dorokhov, A.G. Ponomarev // CAAS agricultural engineering journal. – 2019. – № 3. (55). – pp. 85 – 90.
191. Shen Qiang, Xu Li-li, Wang Jun-qiang, Yang Wei-min. The performance of Agricultural science and technology transformation Fund of different Technical Fields // International Conference on Engineering Management, Engineering Education and Information Technology. 2015. Vol. 3. pp. 94 – 98.
192. Shahin M.A., Tollner E.W., Gitaitis R.D., Summer D.R., Maw B.W. Classification of sweet onions based on internal defects using image processing and neural network techniques // Trans. ASAE.-St.Joseph (Mich.), 2002.-Vol.45,N 5.-P. 1613-1618.
193. Thorat Swapnil V, Madhu L. Kasturi, Patil Girish V, Patil Rajkumar N. Design and Fabrication of Seed Sowing Machine // International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). 2017. Vol. 4. pp. 704 – 707.
194. <https://ab-centre.ru/news/ob-importe-repchatogo-luka-v-rossiyu-v-2019-godu>
195. <http://www.fao.org/faostat/en/#home>
196. <https://fruitnews-ru.turbopages.org/s/fruitnews.ru/analytics/48791-obzor-mirovogo-rynka-luka.html>
197. <https://geographyofrussia.com/>
198. <https://gossortrf.ru/>
199. <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449>
200. https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy
201. <http://static.government.ru/media/files>

ПЕРЕЧЕНЬ ОБОЗНАЧЕНИЙ

В настоящей работе применяют следующие обозначения.

X – состояние среды, взаимодействующей с объектом

Y – состояние объекта

F0 – оператор связи входа X и выхода Y объекта, характеризующий специфику его работы

Z* – цели субъекта

П – набор параметров системы «Оператор - Посадочный материал – Машинная технология - Поле»

Ψ_i – функция, определяющая связь состояния среды i и целевого параметра z_i

Z₁ – урожайность заданного качества, т/га

Z₂ – затраты энергии на единицу продукции кВт/т

Z₃ – производительность, га/ч

{S} – пространстве ситуаций

R – ресурсы управления

U – управление системой

K_a^л – коэффициентом адаптации ($K_a^л = \frac{y_p}{y_{пк}}$)

У_п – генетический потенциал урожайности, кг/га

У_{пк} – потенциальная урожайность сорта в рассматриваемых почвенно-климатических условиях, кг/га

У_р – расчетная урожайность при заданной машинной технологии, кг/га

У_{ву} – составляющая урожая под воздействием операции по внесению удобрений, кг/га

У_{ор} – составляющая урожая под воздействием операции по орошению, кг/га

$\Delta U_p^{ву(ор)}$ – изменение урожайности под воздействием операций по внесению удобрений и орошению, кг/га

K_a^{ву(ор)} – коэффициент адаптации операций по внесению удобрений и орошению к почвенно-климатическим условиям

$\Delta Y_p^{\text{COP(ПОС)}}$ – изменение урожайности под воздействием операций по сортированию и посадки, кг/га

$K_a^{\text{COP(ПОС)}}$ – коэффициент адаптации операций по сортированию и посадки к возделываемому сорту

n – количество учитываемых операций, шт.

m – наименование учитываемой операции

a_{ij} – количество возможных переходов на первом шаге, шт.

C_{ij} – ценность в достижении конечного результата (руб/га, кг/га и.т.д.)

\mathcal{E}_{ij} – энергозатрат на выполнение операций и повышение

Π_{ij} – производительность машины, га/ч

$l_{п,}$ – длине ленты посева, м

$B_{п}$ – ширина ленты посева, м

$k_{с.}$ – Коэффициент восстановления семян об отражатель

θ – угол характеризующий кривизну поверхности отражателя, град

$V_{сл}$ – скорость семян падающих на отражатель, м/с

$f_{от}$ – график функции поверхности отражателя

D – область падения семян лука

$D_{ро}$ – диаметр основания распределителя-отражателя, м

$R_{сп}$ – наименьший поперечный размер семяпровода для прямоугольной формы (для круглой формы диаметр семяпровода), м

H – высота уровня, с которого с начальной скоростью $V_{сл}$ начинается свободное (с ускорением g) падение семян (до отражающей поверхности), м

$V_{м}$ – с посевной машиной со скоростью, м/с

C этой целью выполнен сквозной паз, длиной l

$l_{ст}$ – расстояние между стержнями вильчатого захвата, м

$d_{л}^{\min}$ – наименьший диаметр, высаживаемых луковиц, м

$h_{ст}$ – высота стержня от основания катушки, м

$m_{л}$ – масса луковицы, кг

g – ускорение свободного падения, м/с²

ω_k – угловая скорость вращения катушки, 1/с

R – расстояние от центра катушки до центра тяжести луковицы ($R=R_k+1,5d_{л}$), м

γ – угол поворота катушки, град.

$f_{ст}$ – суммарный коэффициент трения луковицы со стержнем и соседними луковицами

$D_B^{вх}$ – входной диаметр ориентирующей воронки, м

$D_B^{вых}$ – выходной диаметр ориентирующей воронки, м

D_C – внутренний диаметр семяпровода, м

d_L^{min} – диаметр луковиц минимальной фракции, м

t – разница между d_L^{min} и $D_B^{вых}$ (0,5-1 мм)

$l_{п}$ – шага посадки луковицы, м

$t_{шт}$, – штучная подача, шт/с

$f_{в}$ – поправочного коэффициента зависящего от характера взаимодействия луковицы с эластичными элементами

$f_{в}$ – равна сумме коэффициентов f_i каждого эластичного элемента n_j

F_T – сила тяжести луковицы, Н

$F_{упр}$ – сила упругости эластичных элементов, Н

$F_{тр}$ – сила трения луковицы об эластичный элемент, Н

f_1 – коэффициент трения луковицы с эластичным материалом с учетом характера их взаимодействия

$k_{в}$ – коэффициент упругости (жесткости) эластичного элемента ориентирующей воронки, Н/м

x – величина абсолютной деформации эластичного элемента ориентирующей воронки (при изгибе стержня абсолютная деформация определяется стрелой прогиба), м

E – модель упругости (Юнга) принимается в зависимости от материала эластичного элемента ориентирующей воронки, Па

S – площадь поперечного сечения эластичного элемента, м²

$l_{ээ}$ – длина эластичного элемента, м

$H_{л}$ – высота луковицы, м

$D_{л}$ – диаметр луковицы, м

$i_{л}$ – индекс формы луковицы

$R_{рол}$ – радиус роликов, м

$l_{мп}$ – минимальное расстояние между роликами, м

$l_{зав}$ – размера калибрующего щелевого отверстия, м

$h_{п}$ – длина хода регулировочного винта калибратора, м

$V_{т}$ – скорость движения полотна, м/с

$n_{л}^1$ – максимальное количество луковиц на 1 погонном метре, шт.

$m_{ср}$ – средняя масса одной луковицы, кг

$B_{к}^p$ – рабочая ширина калибратора, м

$h_{л}$ – высота луковицы, м

$k_{с}$ – коэффициент учитывающий площадь необходимую 1 луковице для свободного и устойчивого калибрования. (равен 0,5-0,75)

$N_{с}^1 = \frac{1}{3d_p}$ – количество секций в 1 метре (т.к. секция состоит из 3х роликов)

$k_{з}$ – коэффициент загрузки рабочей поверхности, при ручной подаче равен 0,3, при механической периодической 0,5-0,7, при механической непрерывной до 0,9

$B_{к}^p$ – конструктивная ширина рабочей поверхности калибратора, м

$t_{вр}^л$ – время разворота (вращения) луковицы на угол $\varphi_{ор}$ вокруг неподвижной оси под воздействием интенсификатора, с

$t_{пр}^л$ – время прямолинейного движения луковицы, сопровождающееся воздействием на нее интенсификатора, с

$\gamma_{ор}$ – угол отклонения центральной оси луковицы от направления линии действия силы упругости эластичного экрана (угол ориентирования), град.

$R_{л}$ – радиус вращения луковицы равный половине диаметра луковицы, м

$v_{л}$ – линейная скорость вращения луковицы вокруг своей оси, м/с

$x_{и}$ – величина абсолютной деформации эластичного элемента (при изгибе абсолютная деформация определяется стрелой прогиба), м

$K_{и}$ – коэффициент упругости эластичного интенсификатора, кг/с²

$N_{кв}$ – общее количество учетных квадратов, шт.

P_i – частоты появления квадратов

n_i – количество квадратов с одинаковым числом семян, шт.

σ – среднеквадратическое отклонение, ед.

v – коэффициент вариации, %

ε – основная ошибка опыта, ед.

P – показатель точности опыта, ед.

X_1 – индекс формы луковиц (i , безразмерный)

X_2 – количество интенсификаторов ($n_{и}$, шт.)

X_3 – поступательная скорость роликового транспортера (V_T , м/с)

S_{LF}^2 – дисперсия неадекватности математической модели

S_y^2 – дисперсия ошибки опыта

F – критерия Фишера

m – число повторностей опыта

\bar{y}_u – среднее значение критерия оптимизации по результатам опытов u -й строке, %

\hat{y}_u – расчетное значение критерия оптимизации в u -й строке, %

N_0 – количество опытов, шт.

k – число факторов в матрице плана

Y_T – критерий оптимизации многофакторного эксперимента (точность калибрования), %

Y^s – значение критерия оптимизации в оптимальной точке, %

X^1, X^2 – новые оси координат

B^{11}, B^{22} – коэффициенты регрессии в канонической форме

$T_{\phi i}$ – точность калибрования, %

$m_{ли}$ – соответствующие измеряемой фракции, кг

$m_{ли\pm 1}$ – выходящие за установленный интервал, кг

n_k – частота вращения катушки высаживающего аппарата, c^{-1}

V_m – рекомендуемая скорость посадочного агрегата, м/с

z – число луковиц подаваемое за один оборот катушки, шт.

$l_{п}$ – шаг посадки, м

L – нормальный интервал – расстояние между двумя соседними луковицами равное $M \pm 0,5M$, где M – расстояние между луковицами по агротехническим требованиям ($M = 0,1$ м)

K – количество луковиц, высаженных донцем вниз, %

P – равномерность распределения луковиц, %

β – угол наклона семяпровода, град.

$P_{з.б.}$, $P_{з.н}$ – приведенные затраты соответственно на базовую и новую технику, руб/га

D – дополнительный экономический эффект от изменения качества и количества продукции, руб.

ΔN_y – дополнительная урожайность продукции с 1 га, т/га

C – цена 1 тонны продукции, руб.

E_n – норматив приведения разновременных затрат и результатов, равен 0,1.

$K_{уд.б(н)}$ – удельные капитальные вложения при базовом и экспериментальном варианте, руб/га

B_m – балансовая цена техники, руб.

$W_{эк}$ – производительность агрегата в час эксплуатационного времени, га (т)

T_3 – годовая фактическая загрузка техники, ч.

ΔK – дополнительные капитальные вложения, руб.

$\mathcal{E}_{г.н}$ – годовая экономия совокупных затрат денежных средств от эксплуатации новой техники на отдельно взятой технологической операции, руб.

a_n – коэффициент амортизации новой техники, %

B_n – балансовая цена новой техники, руб.

F_i – объем работ на i операции, га (т)

$I_{с.з.б}$, $I_{с.з.н}$ – совокупные затраты денежных средств, включающие в себя прямые эксплуатационные затраты, значение от величины убытка от снижения количества и качества продукции, от достигнутого уровня условий труда обслуживающего персонала, затраты от отрицательного воздействия на окружающую среду соответственно по базовой и новой технике, руб/га(т)

$\Pi_{ост.б}$, $\Pi_{ост.н}$ – удельная остаточная стоимость соответственно базовой и новой техники, руб/га(т)

I – прямые эксплуатационные затраты денежных средств, руб/га(т)

$I_{к.п.}$ – затраты средств, учитывающие изменение количества и качества продукции, руб/га(т)

$I_{у.т.}$ – затраты средств, учитывающие уровень условий труда обслуживающего персонала, руб/га(т)

$I_з$ – затраты средств, учитывающие отрицательное воздействие на окружающую среду, руб/га(т)

Z – затраты на оплату труда рабочих, обслуживающих агрегат, руб/га

Γ – затраты на топливо-смазочные материалы, руб./га

P – затраты на текущий ремонт и техническое обслуживание, руб/га

A – амортизационные отчисления, руб/га

Φ – прочие прямые затраты на основные и вспомогательные материалы, руб/га

$W_{см}$ – производительность агрегата за 1 час сменного времени, га/ч

L – количество обслуживающего персонала, чел

τ – часовая тарифная ставка оплаты труда основных (принимается по 10 разряду) и вспомогательных (принимается по 5 разряду) рабочих обслуживающих агрегат, руб./чел.-ч

$K_з$ – коэффициент, учитывающий доплаты по расчету за продукцию, премии, надбавки за классность и стаж работы, квалификацию, оплату отпусков и начисление по социальному страхованию (на механизированных работах $K_д = 1,4$; на ручных работах $K_д = 1,26$)

$q_т$ – норма расхода топливо-смазочных материалов на единицу наработки, кг/га

C_T – цена 1 кг топливо-смазочных материалов, руб/кг

$K_{см.м}$ – коэффициент учета стоимости топливо-смазочных материалов

B - балансовые стоимости техники, руб.

Γ_p – нормы отчислений на текущий ремонт, техническое обслуживание и хранение трактора и сеялки в процентах от их балансовой стоимости, проц.

h_i – удельный расход вспомогательных материалов на единицу работы, кг (м, шт.)

$I_{эк.б}$, $I_{эк.н}$ – годовые издержки на охрану окружающей среды соответственно базовой и новой техники, руб.

$q_{т.б}$, $q_{т.н}$ – расход топлива базовой и новой машины, кг/га(т)

$N_{зок}$ – норма затрат на охрану окружающей среды (0,15), руб/кг

V_n – годовой объем работ новой техники, га (т)

ПРИЛОЖЕНИЯ

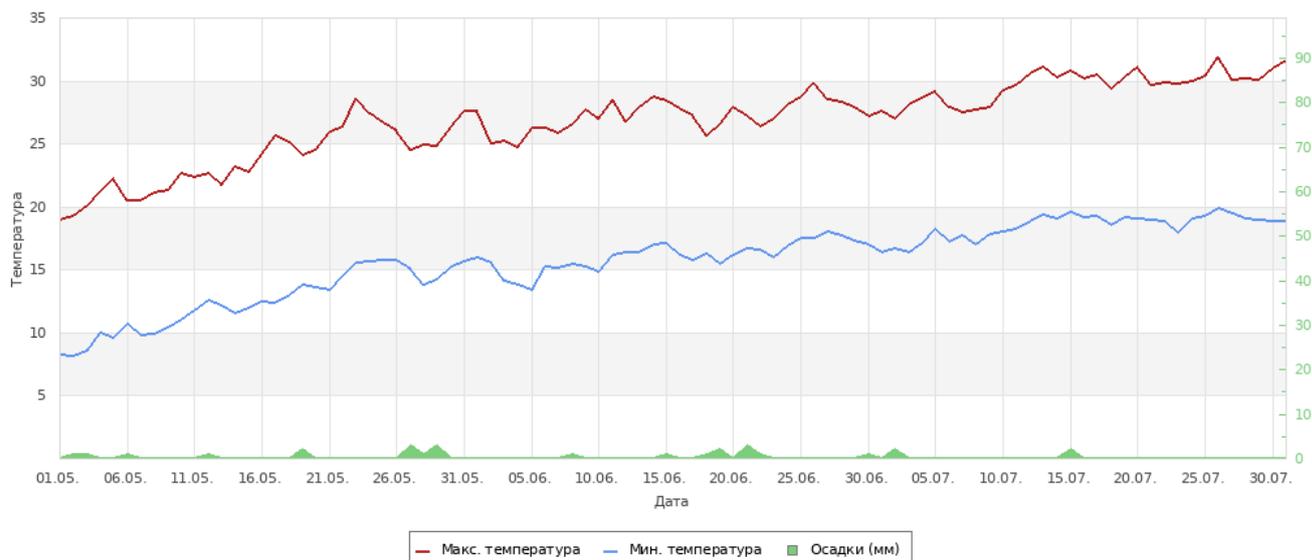
Приборы и оборудование, применяемые при проведении исследований

Определяемый показатель	Приборы, инвентарь и оборудование	Допускаемая погрешность измерения
Удельный расход электроэнергии	Счетчик электрической энергии трехфазный статистический «Меркурий-230», 2,0 кл.т.	$\pm 0,01$ кВт·ч/т
Линейные размеры посевов лука-севка	Линейка ЛМП-300 ГОСТ 17435-72 Шнур, рулетка ТУ 17-25-7622-79	$\pm 1,0$ мм $\pm 1,0$ мм
Масса луковиц	Весы электронные многофункциональные GF-200, класс точности по ГОСТ 24104-88	$\pm 0,002$ г
Размер луковиц	Штангенциркуль ШЦ-250-0,05	$\pm 0,2$ мм
Продолжительность опыта	Секундомер ГОСТ 5072-79	$\pm 0,2$ с
Скорость воздушного потока	Микроанометр ММН	$\pm 1,0$ м/с
Твердость почвы	Твердомер «Wile Soil»	$\pm 0,01$ МПа

**Графики средних температур и осадков на территории опытных
предприятий в годы проведения исследований 2015-2018
по информации с сайта <http://pogoda-service.ru/climate.php>**

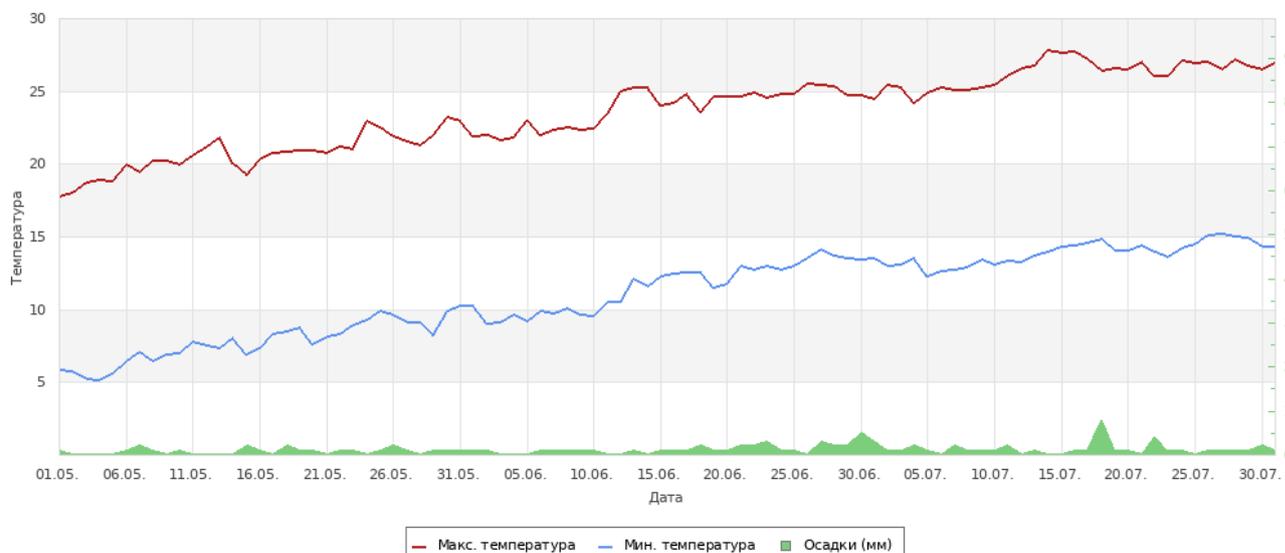
ЗАО «Красный октябрь» (Ростовская область)

Температурный режим, осадки



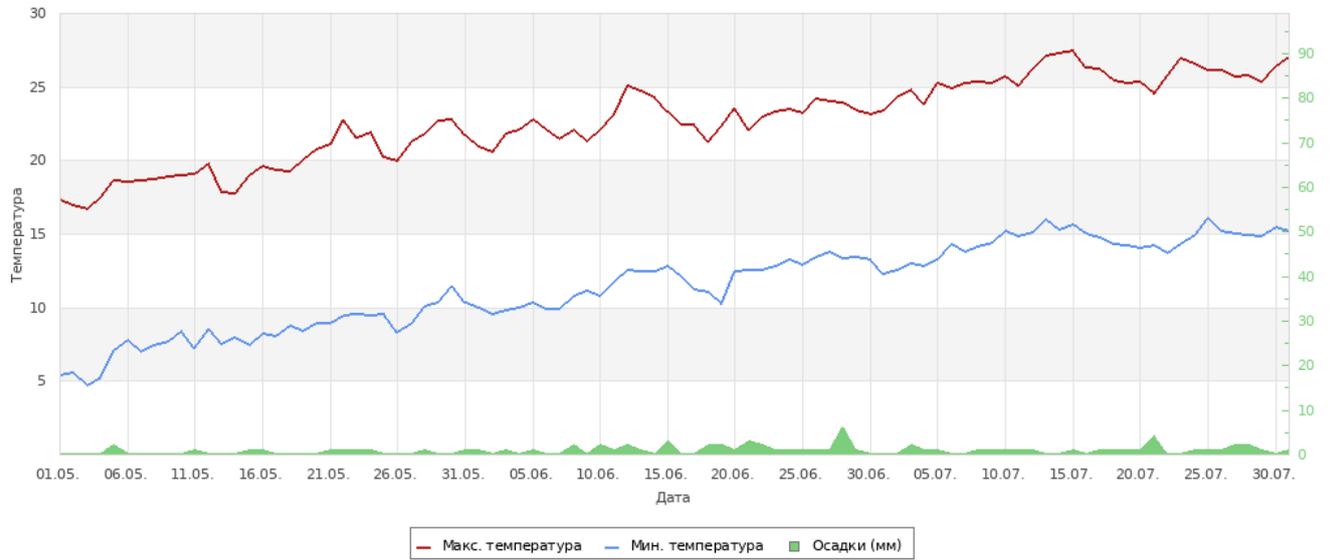
ООО «Новый урожай» (Пензенская область)

Температурный режим, осадки



АО «Озёры» (Московская область)

Температурный режим, осадки



продолжение таблицы П.1

1	2	3	4	5	6	7
Внесение средств защиты растений (СЗР)	МТЗ-82+Навесной опрыскиватель, 24 м	МТЗ-82+Навесной опрыскиватель, 24 м	МТЗ-82+Навесной опрыскиватель, 24 м	МТЗ-82+Навесной опрыскиватель, 12 м	МТЗ-82+Навесной опрыскиватель, 24 м	МТЗ-82+Навесной опрыскиватель, 24 м
Орошение	Орошение дождеванием ДДА					
Урожайность, т/га (Среднее по трем повторностям)	309	304	298	272	334	297
Среднеквадратичное отклонение, т/га	21	23	19	25	22	17
Коэффициент адаптации, Вариант N/контроль	1	0,98	0,97	0,88	1,08	0,97

продолжение приложения В

Таблица П.2 – Значения коэффициентов адаптации для различных вариантов технологии возделывания лука севка из семян

Наименование операций	Вариант технологии 1	Коэф. адаптации машин	Вариант технологии 2	Коэффициент адаптации машин	Вариант технологии 3	Коэф. адаптации машин	Вариант технологии 4	Коэффициент адаптации машин
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Основная обработка почвы	К-744 +ПЛН-8-35	0,98	К-744 +ПЛН-8-35	0,98	К-744 +ПЛН-8-35	0,98	К-744 + ППО-8-35	1
Предпосевная обработка почвы	JohnDeer+ горизонтально-фрезерный; 6 м.	0,97	JohnDeer+ культиватор вертикально-фрезерный; 6 м.	0,97	JohnDeer+ культиватор горизонтально-фрезерный 6 м.	1,04	JohnDeer+ культиватор вертикально-фрезерный; 6 м.	1,08
Посев	МТЗ-82+посевная машина с сошником для ленточного посева 1,5 м		МТЗ-82+посевная машина с полозовидным сошником, 1,5 м		МТЗ-82+посевная машина с сошником для ленточного посева и изотонным отражателем 1,5 м		МТЗ-82+посевная машина с сошником для ленточного посева и изотонным отражателем 1,5 м	

Продолжение таблицы П.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Внесение удобрений	МТЗ-82+Разбрасыватель навесной	1						
Внесение средств защиты растений (СЗР)	МТЗ-82+Навесной опрыскиватель, 24 м	1						
Орошение	Орошение дождеванием ДДА	1						
Фактическая урожайность, т/га (Среднее по трем повторностям)	290		292		317		330	
Расчетная урожайность по коэффициенту адаптации, т/га	285		285		306		324	
Коэффициент адаптации, технологии		0,95		0,95		1,02		1,08

продолжение приложения В

Дисперсионный анализ данных опыта по возделывание лука-севка из семян						
Варианты технологий из таблицы П.1	Показатели по повторениям, ц/га			Число наблюдений, шт	Сумма по вариантам	Среднее по вариантам
	У1	У2	У3			
1	299	318	310	3	927	309,00
2	287	313	312	3	912	304,00
3	288	300	306	3	894	298,00
4	258	282	276	3	816	272,00
5	321	344	337	3	1002	334,00
6	295	306	290	3	891	297,00
Сумма по повторениям	1748	1863	1831	18	5442	302,33
Варианты технологий из таблицы П.1	У-Уср			суммы		
	У1	У2	У3			
1	-3,33	15,67	7,67	20,00		
2	-15,33	10,67	9,67	5,00		
3	-14,33	-2,33	3,67	-13,00		
4	-44,33	-20,33	-26,33	-91,00		
5	18,67	41,67	34,67	95,00		
6	-2,00	3,67	-12,33	-10,67		
Суммы	-60,67	49,00	17,00	5,33		
Корректирующий фактор				1,58		

продолжение приложения В

Результаты дисперсионного анализа					
Дисперсия:	Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	Fф	F05
Общая	7508,64	17			
Повторений	1060,16	2			
Вариантов	6003,01	5	1200,60	26,95	3,33
Ошибки	445,46	10	44,54		
Оценка существенности частых различий и группировки вариантов					
Ошибка опыта	3,85				
Ошибка разности средних	5,44				
НСР05, ц/га	12,15				
НСР 05, %	4,019				

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



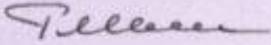
СВИДЕТЕЛЬСТВО
о государственной регистрации программы для ЭВМ
№ 2018619692

**Программа подбора оптимальной машинной технологии
возделывания луковых культур**

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ" (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) (RU)*

Авторы: *Зуб Дмитрий Владимирович (RU), Аксенов Александр Геннадьевич (RU), Измайлов Андрей Юрьевич (RU)*

Заявка № **2018617231**
Дата поступления **11 июля 2018 г.**
Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ **10 августа 2018 г.**


Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности
 **Г.П. Изrael**

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

RU**2018619692**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
(12) ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ

Номер регистрации (свидетельства): 2018619692	Авторы: Зуб Дмитрий Владимирович (RU), Аксенов Александр Геннадьевич (RU), Измайлов Андрей Юрьевич (RU)
Дата регистрации: 10.08.2018	
Номер и дата поступления заявки: 2018617231 11.07.2018	Правообладатель: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ" (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) (RU)
Дата публикации: 10.08.2018	
Контактные реквизиты: нет	

Название программы для ЭВМ:

Программа подбора оптимальной машинной технологии возделывания луковых культур

Реферат:

Программа предназначена для помощи сельскохозяйственному производителю в подборе оптимальной машинной технологии при возделывании репчатого лука, лука-севка и семян лука по критериям урожайности, энергозатратам и потенциальной прибыли. Сельхозпроизводитель задает сорта лука, имеющиеся в наличии, характеристику почв в хозяйстве, состав машинно-тракторного парка, виды навесного оборудования и при помощи заданных в программе коэффициентов адаптации программа рассчитывает прогнозируемые урожайность, затраты топлива и потенциальную прибыль, позволяющие производителю сделать оптимальный выбор машинной технологии для конкретного сорта и почвенно-климатических условий.

Язык программирования: Pascal

Объем программы для ЭВМ: 967 Кб

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 562 535** (13) **C1**(51) МПК
[A01C 7/20 \(2006.01\)](#)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: [2014106050/13](#), 18.02.2014(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
18.02.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 18.02.2014

(45) Опубликовано: [10.09.2015](#) Бюл. № [25](#)(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2356211 C1, 27.05.2009. SU
793445 A, 07.01.1981. AU 553854 B2,
31.07.1968. CA 636735 A, 20.02.1962. CN
2118390 U, 14.10.1992. GB 569851 A,
12.06.1945. DE 3207611 A1, 15.09.1983. US
939964 A, 16.11.1909

Адрес для переписки:

440014, г.Пенза, ул. Ботаническая, 30,
ФГБОУ ВПО "Пензенская ГСХА"

(72) Автор(ы):

Емельянов Павел Александрович (RU),
Овтов Владимир Александрович (RU),
Сибирев Алексей Викторович (RU),
Аксенов Александр Геннадьевич (RU),
Матвеев Данил Михайлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Пензенская государственная
сельскохозяйственная академия" (RU)

(54) СОШНИК ДЛЯ ПОДПОЧВЕННОГО РАЗБРОСНОГО ПОСЕВА СЕМЯН

(57) Реферат:

Изобретение относится к области сельскохозяйственного машиностроения, в частности к сошникам сеялок для подпочвенного разбросного высева семян сельскохозяйственных культур. Сошник для подпочвенного разбросного посева семян содержит стрелчатую лапу, семяпровод. Нижняя часть семяпровода выполнена в виде отражателя-накопителя семян криволинейной формы и с приподнятым сходом. Отражатель-накопитель семян опирается на сплошной распределитель семян. Распределитель семян приварен к лапе и имеет на верхней поверхности направляющие канавки криволинейной формы. Распределитель семян расположен под углом к горизонту в пределах угла трения качения семян по металлу. Задняя часть распределителя семян на 1-2 мм ниже плоскости резания лапы. Внутри семяпровода вставлена втулка из эластичного материала. Такое конструктивное решение направлено на повышение урожайности возделываемой культуры, а также на снижение повреждения семян и повышение равномерности их высева по ширине сошника и по глубине заделки в почве. 3 ил.



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 544 631** (13) **C2**(51) МПК
[A01C 7/12 \(2006.01\)](#)
[A01C 7/16 \(2006.01\)](#)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**(21)(22) Заявка: [2013130113/13](#), 01.07.2013(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
01.07.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 01.07.2013

(43) Дата публикации заявки: 10.01.2015 Бюл. № [1](#)(45) Опубликовано: [20.03.2015](#) Бюл. № [8](#)(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: SU 1463159 A1, 07.03.1989. SU
685180 A1, 15.09.1979. SU 568418 A1,
15.08.1977. RU 82511 U1, 10.05.2009. FR
2080033 A5, 12.11.1971

Адрес для переписки:

442872, Пензенская обл., Сердобский р-н, с.
Долгоруково, ул. Павлина, 83, ООО
"Агроинженерия"

(72) Автор(ы):

Емельянов Павел Александрович (RU),
Аксенов Александр Геннадьевич (RU),
Овтов Владимир Александрович (RU),
Сидоров Павел Анатольевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной
ответственностью "Агроинженерия" (RU)**(54) КАТУШЕЧНО-ВИЛЬЧАТЫЙ ВЫСАЖИВАЮЩИЙ АППАРАТ ДЛЯ ПОСАДКИ
ЛУКОВИЧНЫХ КУЛЬТУР**

(57) Реферат:

Высаживающий аппарат для посадки луковичных культур содержит корпус с размещенной внутри него катушкой. Желобки катушки образованы вильчатыми захватами. Захваты выполнены в виде стержней, которые расположены под острым углом друг к другу и образуют ячейки для луковиц. Расстояние между вильчатыми захватами, измеренное по касательной, проведенной к центру желобка катушки, больше диаметра высаживаемых луковиц. Изобретение позволит повысить равномерность распределения луковиц при посадке их вдоль ряда и уменьшить их повреждение. 1 з.п. ф-лы, 3 ил.

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ОАО «Радиозавод»



Быстров
А.Г. Быстров

«04» ноября 2013 г.

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ООО «Агроинженерия»



Аксенов
А.Г. Аксенов

«04» ноября 2013 г.

АКТ

приёмочной комиссии

Приёмочная комиссия, назначенная приказом от 10.07.2013 г. №2050, рассмотрев опытный образец посадочной машины, оснащённой катушечно-вильчатым высаживающим аппаратом для ориентированной посадки луковичных культур (сажалки луковой СЛКН 00.00.00), техническую документацию, представленные ООО «Агроинженерия» и результаты приёмочных испытаний, проведённых 4.11.2013 г.

Считает:

1. Изготовленная продукция соответствует требованиям ОСТ 4ГО.070.015 и КД
2. Основные показатели продукции соответствуют уровню отечественных образцов
3. Разработанная техническая документация соответствует ЕСКД

Рекомендует:

1. Опытный образец посадочной машины(сажалки луковой) передать заказчику

2. Конструкторскую документацию к утверждению с присвоением литеры О₁ после корректировки по результатам испытаний
3. Предусмотреть
 - а) устройство для создания колебаний(вибрации) крышки СЛКН 02.01.02;
 - б) увеличить высоту подъёма бункера над сошниковой группой на 50-70 мм;
 - в) в параллелограмме СЛКН 03.00.00 заменить болтовое крепление кронштейна и тяг на шплинтовое;
 - г) доработать хомут крепления воронки в части увеличения жёсткости.

Председатель комиссии:

Аксенов А.Г. – ген.директор ООО «Агроинженерия»

Члены комиссии:

Семин Ю.А. Директор ИПЦ «Сеялка» _____

Овтов В.А. Исполнитель НИОКР ООО
«Агроинженерия»  _____

Бердников М.М.

вед.инженер-конструктор ОАО «Радиозавод»  _____

(Должность, организация) (личная подпись) (расшифровка подписи)

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2630449

Линия для послеуборочной обработки, предпосадочной и товарной подготовки корнеклубнеплодов и лукович

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ" (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) (RU)*

Авторы: *см. на обороте*

Заявка № 2016126467

Приоритет изобретения 01 июля 2016 г.

Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 08 сентября 2017 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 01 июля 2036 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 630 449** (13) **C1**(51) МПК
[A23N 15/00 \(2006.01\)](#)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: [2016126467](#), 01.07.2016(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
01.07.2016

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 01.07.2016

(45) Опубликовано: [08.09.2017](#) Бюл. № 25(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: SU 1542528 A1, 15.02.1990. SU
1824169 A1, 30.06.1993. RU 2187950 C2,
27.08.2002. RU 2058069 C1, 20.04.1996.

Адрес для переписки:

109428, Москва, 1-й Институтский пр., 5,
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

(72) Автор(ы):

Аксенов Александр Геннадьевич (RU),
Сибирёв Алексей Викторович (RU),
Михеев Владимир Васильевич (RU),
Пономарев Андрей Григорьевич (RU),
Колчин Николай Николаевич (RU),
Пышкин Виктор Кириллович (RU),
Чулков Андрей Сергеевич (RU),
Трифонов Александр Викторович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение "Федеральный
научный агроинженерный центр ВИМ"
(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) (RU)(54) Линия для послеуборочной обработки, предпосадочной и товарной подготовки
корнеклубнеплодов и луковиц

(57) Реферат:

Изобретение относится к сельскохозяйственному машиностроению, а именно к средствам для послеуборочной доработки, предпосадочной и товарной подготовки корнеклубнеплодов и луковиц. Линия содержит приемный бункер 1, очиститель вороха 2, переборочный транспортер 3, передаточный транспортер 4, сортировку 5 и транспортеры для отвода примесей 7 и откалиброванных корнеклубнеплодов и луковиц 8. Линия снабжена устройством автоматического регулирования подачи корнеклубнеплодов и луковиц из приемного бункера 1 на передаточный транспортер 2, состоящим из оптического датчика 11, установленного над приемной частью передаточного транспортера 2, и моторвариатора 12 привода транспортерной ленты 10 приемного бункера 1. Очиститель вороха 3 с наклонной рабочей поверхностью выполнен в виде набора спиралей 13 с чередующейся винтовой навивкой.



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 711 780** ⁽¹³⁾ **С1**

(51) МПК
A23N 15/00 (2006.01)
 (52) СПК
A23N 15/00 (2019.08)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ(21)(22) Заявка: [2019134036](#), 24.10.2019(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
24.10.2019Дата регистрации:
22.01.2020Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 24.10.2019(45) Опубликовано: [22.01.2020](#) Бюл. № 3(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2119832С1, 10.10.1998. SU
1542528А1, 15.02.1990. RU 2630449С1,
08.09.2017. SU 925299А1, 07.05.1982.Адрес для переписки:
109428, Москва, ул. 1-й Институтский
проезд, 5, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

(72) Автор(ы):

Дорохов Алексей Семенович (RU),
 Аксенов Александр Геннадьевич (RU),
 Колчин Николай Николаевич (RU),
 Сазонов Николай Викторович (RU),
 Мосяков Максим Александрович (RU),
 Сибирёв Алексей Викторович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
 научное учреждение "Федеральный
 научный агроинженерный центр ВИМ"
 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) (RU)

(54) Линия для послеуборочного сортирования клубней картофеля, корней и плодов овощей

(57) Реферат:

Изобретение относится к сельскохозяйственному машиностроению и может быть использовано при послеуборочной сортировке клубней картофеля, корней и плодов овощей. Линия включает приемный бункер, передаточный транспортер, очиститель вороха, транспортное сортировочное устройство с отводом примесей и откалиброванных клубней картофеля, корней и плодов овощей. Линия снабжена исполнительным механизмом в виде упругоэластичных рабочих органов с электроприводами и блоком управления сортирующим устройством. Транспортное сортировочное устройство выполнено в виде двух транспортерных лент с направленным рельефом. Система технического зрения выполнена в виде камеры и установлена с зоной покрытия всей рабочей поверхности двух транспортерных лент.

«Утверждаю»
Генеральный директор
ООО «Агротехмаш»



А.А. Косырев

2019 г

АКТ

внедрении материалов научно-исследовательской работы

Настоящий акт подтверждает, что ООО «Агротехмаш» при проектировании и изготовлении машин для калибрования и сортирования луковиц (патент РФ № 2630449, заявка на изобретение № 2019103164) использованы результаты теоретических и экспериментальных исследований канд. техн. наук, ведущего научного сотрудника ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» А.Г. Аксенова под руководством и при участии доктора техн. наук, академика РАН А.Ю. Измайлова.

Результаты исследований по обоснованию конструктивных и технологических параметров машин для калибрования и сортирования лука, а также разработанная технологическая и конструкторская документация использованы для серийного производства указанных машин.

Справка дана для предоставления в диссертационный Совет по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

Зам. директора по развитию
ООО «Агротехмаш»

А.Г. Костиков



**Результаты расчета по выборы типа поверхности распределителя-
отражателя семян сошника для ленточного посева**

Показатели	Тип распределителя семян: изотонный					ИТОГО
	0	1	2	3	4	
W	0	1	2	3	4	
ni1	4	49	33	9	5	100
ni2	5	53	28	8	6	100
ni3	4	44	35	11	6	100
ni	13	146	96	28	17	300
Pi	4,33	48,67	32,00	9,33	5,67	100
Среднее знач.	1,63					
Ср.кв.откл	0,92					
Коэф.вариации	56,39					
Осн.ошибка,%	5,32					
Точность, %	3,26					

Показатели	Тип распределителя семян: антитонный					ИТОГО
	0	1	2	3	4	
W	0	1	2	3	4	
ni1	9	45	29	10	7	100
ni2	6	36	36	12	10	100
ni3	4	44	37	9	6	100
ni	19	125	102	31	23	300
Pi	6,33	41,67	34,00	10,33	7,67	100
Среднее знач.	1,71					
Ср.кв.откл	1,00					
Коэф.вариации	58,36					
Осн.ошибка,%	5,76					
Точность, %	3,37					

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ДЕПАРТАМЕНТ РАСТЕНИЕВОДСТВА, МЕХАНИЗАЦИИ,
ХИМИЗАЦИИ И ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

ФГБУ «Владимирская государственная зональная
машинноиспытательная станция»



ПРОТОКОЛ №03-01-19 (9030016)
испытаний опытного образца
калибратора роликового для корнеплодов и лукович
КРО 2/3



Покров 2019

ВЫВОДЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ

Испытанием калибратора роликового для корнеплодов и луковиц КРО 2/3 на товарной подготовке лука репки для продажи установлено, что опытный образец соответствует требованиям НД по назначению.

Директор

Ю.А. Матвиенко

Главный инженер

С.Б. Ефремов

Заведующий отделом
испытаний с/х техники

Д.Г. Ёлшин

Ведущий инженер

В. Г. Гусев

Разработчик, ст. научный
сотрудник ФГБНУ ФНАЦ
ВИМ, г. Москва

А.Г. Аксенов

Расчетные экономические показатели по базовым и разработанным опытным машинам

Наименование операции	Состав агрегата	Структура совокупных затрат, руб/га(т)							Удельная остаточная стоимость руб/ед.нараб
		в том числе прямые эксплуатационные затраты на				затраты средств учитыв. Уровень УТ	затраты учитыв. отриц. возд. на окр. среду	всего	
		зарплата	ТСМ, эл. энергия	ремонт ТО	амортизация				
Опытные машины									
Ленточный посев семян лука	МТЗ-82+посев. маш. с распределителем изотонного типа	361,67	300,00	1450,00	2301,59	4687,20	45,00	9145,45	-3068,78
Ориентированная посадка лука-севка	МТЗ-82+ПМ с катуш-вильчат. выс. аппаратом	434,00	350,00	1237,50	1964,29	4687,20	52,50	8725,49	-5892,86
Калибрование репчатого лука	Калибратор с интенсификаторами	86,80	0,65	106,44	152,06	2083,20		2429,16	253,44
Базовые машины									
Ленточный посев семян лука	МТЗ-82+посев. маш. со сферическим распределителем	361,67	300,00	1450,00	2301,59	4687,20	45,00	9145,45	-3068,78
Ориентированная посадка лука-севка	МТЗ-82+ПМ с вибр-пневмат	520,80	400,00	1848,21	2933,67	4687,20	60,00	10449,89	-8801,02
Калибрование репчатого лука	Калибратор без интенсификаторов	86,80	0,60	105,89	151,27	2083,20		2427,76	252,12

СОГЛАШЕНИЕ О НАМЕРЕНИЯХ

г.Москва

*25*октября 2015г.

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства» (ВИМ) в лице директора А.Ю. Измайлова действующего на основании Устава и **ЗАО «Озёры»** в лице генерального директора С.Б. Прямова, действующего на основании устава согласовали следующие намерения:

1. Стороны исходят из того, что интересам каждой из них соответствует реализация проекта по разработке технологии и технических средств для сплошного посева семян лука (инновационный проект).

2. Для реализации проекта стороны намерены предпринять следующие действия:

ФГБНУ «ВИМ» разработает инновационный проект и подаст заявку в Минсельхоз РФ на отбор инновационных проектов на предоставление грантов в форме субсидий из федерального бюджета на реализацию перспективных инновационных проектов в агропромышленном комплексе, в котором выступит исполнителем работ.

ЗАО «Озёры» намерен выступить инвестором данного инновационного проекта с софинансированием необходимых работ в размере не менее 40 процентов от общих затрат на реализацию инновационного проекта.

3. Для обсуждения хода работ по вышеназванному инновационному проекту уполномоченные представители сторон будут проводить переговоры, обмениваться письмами, а для принятия окончательного решения о возможности реализации проекта встречаются не позднее ноября 2015 года.

4. Настоящее соглашение является предварительным и не налагает никаких дополнительных финансовых и юридических обязательств кроме обозначенных в п.3 настоящего соглашения, а также не является договором о заключении договора или другой формой обязательства, в рамках которого Стороны обязаны заключить обозначенный договор поставки в обязательном порядке. При этом Стороны будут принимать все усилия, чтобы намеченное сотрудничество состоялось.

Настоящее соглашение подписали:

Директор
ФГБНУ «ВИМ»

А.Ю. Измайлов



Генеральный директор
ЗАО «Озёры»

С.Б. Прямов



«Утверждаю»
 Генеральный директор
 ЗАО «Красный Октябрь»

 Школов А.В.
 17 октября 2019 г.

«Утверждаю»
 Директор ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
 академик РАН

 Исмаилов А.Ю.
 17 октября 2019 г.

АКТ

о внедрении законченной научно-исследовательской
 опытно-конструкторской работы

Мы, нижеподписавшиеся, представители ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», заместитель директора по научно-организационной работе ФГБНУ ФНАЦ ВИМ д.т.н., член-корреспондент РАН Дорохов А.С., к.т.н., вед. науч. сотр. Аксенов А.Г., к.т.н., вед. науч. сотр. Пономарев А.Г., к.т.н. ст. науч. сотр. Сибирёв А.В. и инженер ЗАО «Красный Октябрь» составили настоящий акт о том, что машина для калибрования лукович, выполненная в соответствии с патентом РФ № 2708166, в период с 23 августа по 15 октября 2019 года проходила производственные испытания в ЗАО «Красный Октябрь».

Машина для калибрования лукович с эластичными интенсификаторами обеспечивает требуемую точность калибрования лукович 97 %, что соответствует 1 сорту репчатого лука по ГОСТ, при поступательной скорости транспортера 0,21 м/с и производительности калибратора 5,1 т/ч;

За счет повышения точности калибрования повысился выход товарной продукции на 8 % в результате этого годовая экономия составила 34641 рубль при годовой загрузке 150 часов.

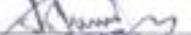
Представитель ЗАО «Красный Октябрь»:

Инженер  (Жуковский Ю.Б.)

Представители ФГБНУ ФНАЦ ВИМ:

д.т.н., член-корр. РАН  Дорохов А.С.

к.т.н., вед. науч. сотр.  Аксенов А.Г.

к.т.н., вед. науч. сотр.  Пономарев А.Г.

к.т.н., ст. науч. сотр.  Сибирёв А.В.

«Утверждаю»
 Генеральный директор
 ООО «Новый урожай»
 _____ Сидоров П.А.
 «15 _____ 2017г

«Утверждаю»
 Директор ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
 академик РАН
 _____ Ермайлов А.Ю.
 «15 _____ 2017г

АКТ

о внедрении законченной научно-исследовательской опытно-конструкторской работы

Мы, нижеподписавшиеся, представители ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», заместитель директора по научно-организационной работе ФГБНУ ФНАЦ ВИМ д.т.н., член-корреспондент РАН Дорохов А.С., к.т.н., вед. науч. сотр. Аксенов А.Г., к.т.н., вед. науч. сотр. Пономарев А.Г., к.т.н. ст. науч. сотр. Сибирёв А.В. и инженер ООО «Новый урожай» составили настоящий акт о том, что опытная машина для ориентированной посадки лука-севка, выполненная в соответствии с патентом РФ № 2544631 в период с 25 апреля по 5 мая 2017 года проходила производственные испытания в ООО «Новый урожай».

Опытная машина для ориентированной посадки лука-севка, оснащенная катушечно-вильчатым высаживающим аппаратом обеспечивает надежную работу на посадке лука-севка при рабочих скоростях до 7 км/ч. Качественные показатели работы при этом имеют следующие значения: равномерность распределения луковиц 87-88 %; количество луковиц, посаженных донцем вниз 69-70%, достигается при угле наклона семяпровода в интервале 35-40 градусов и частоте вращения катушки высаживающего аппарата $2,5 \text{ с}^{-1}$, что соответствует норме высева фракции 15-22 мм - 1000 кг/га. Проведенный расчет показывает, что применение опытной посадочной машины для ориентированной посадки лука-севка катушечно-вильчатым высаживающим аппаратом позволяет, за счет более высокой производительности посадочного агрегата, снизить совокупные затраты на 1 тонну продукции на 16 %, при этом годовая экономия на 1 га составит 172507 рублей.

Представитель ООО «Новый урожай»:

Инженер Сид Сидоров М.А

Представители ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

д.т.н., член-корр. РАН _____ Дорохов А.С.
 к.т.н., вед. науч. сотр. _____ Аксенов А.Г.
 к.т.н., вед. науч. сотр. _____ Пономарев А.Г.
 к.т.н., ст. науч. сотр. _____ Сибирёв А.В.

СПРАВКА
о внедрении в учебный процесс
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет»
результатов научно-исследовательской работы

Результаты научно-исследовательской работы коллектива авторов: доктора технических наук, члена-корреспондента РАН Лобачевского Я.П., доктора технических наук, профессора Емельянова П.А., кандидата технических наук Аксенова А.Г., кандидата технических наук Сибирёва А.В., направленные на повышение качества выполнения технологических процессов посадки и уборки лука используются на кафедре «Сельскохозяйственные машины и механизация животноводства» ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет по направлениям подготовки:

35.03.06 – «Агроинженерия», направленности (профилю) подготовки «Технические системы в агробизнесе», квалификация «Бакалавр»;

35.04.06 – «Агроинженерия», направленности (профилю) программы «Технологии и средства механизации сельского хозяйства», квалификация «Магистр»;

35.06.04 – «Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве» (Технологии и средства механизации сельского хозяйства) и квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь».

Результаты научно-исследовательской работы, используемые в учебном процессе ФГБОУ ВО Самарский ГАУ приведены в следующих изданиях:

1. Емельянов, П.А. Теоретические и экспериментальные исследования вибрационно-пневматического высаживающего аппарата для посадки лукович лука-севка: Монография / П.А. Емельянов, А.Г. Аксенов. – Пенза: РИО ПГСХА. – 2013. – 118 с.

2. Емельянов, П.А. Теоретические и экспериментальные исследования дискового заделывающего органа лукопосадочной машины: Монография / П.А. Емельянов, А.В. Сибирёв, А.Г. Аксенов. – Пенза: РИО ПГСХА. – 2015. – 174 с.

3. Лобачевский, Я.П. Машинная технология производства лука: Монография / Я.П. Лобачевский, П.А. Емельянов, А.Г. Аксенов, А.В. Сибирёв. – Москва: ФГБНУ ФНАЦ ВИС. – 2016. – 168 с.

Проректор по учебной работе
ФГБОУ ВО Самарский ГАУ,
канд. техн. наук, доцент

И.Н. Гужин

Декан инженерного факультета
ФГБОУ ВО Самарский ГАУ,
канд. эконом. наук, доцент

С.В. Машков

Зам. заведующего кафедрой
«Сельскохозяйственные машины и
механизация животноводства»
ФГБОУ ВО Самарский ГАУ,
канд. техн. наук, доцент

С.В. Денисов





МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»
(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)

Тимирязевская ул. 49, г. Москва 127550 Тел:(495)976-04-80Факс: (495) 976-04-28 E-mail: info@timacad.ru http://www.timacad.ru
ОКПО 06492931, ОГРН 1037739630697 ИНН/КПП 7713080682/771301001

«29» августа 2019г.

№ 08-15/960

СПРАВКА

о внедрении в учебный процесс

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева» результатов научно-исследовательской работы

Результаты научно-исследовательской работы коллектива авторов: доктора технических наук, члена-корреспондента РАН Лобачевского Я.П., доктора технических наук, профессора Емельянова П.А., кандидата технических наук Аксенова А.Г., кандидата технических наук Сибирёва А.В., направленные на повышение качества выполнения технологических процессов посадки и уборки лука используются на кафедре «Сельскохозяйственные машины» обучающихся по направлениям подготовки:

35.03.06 – «Агроинженерия», направленности (профилю) подготовки «Технические системы в агробизнесе» и квалификации «Бакалавр»;

35.04.06 – «Агроинженерия», направленности (профилю) программы «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» и квалификации «Магистр»;

35.06.04 – «Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве» (Технологии и средства механизации сельского хозяйства) и квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь».

Результаты научно-исследовательской работы, используемые в учебном процессе ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева приведены в следующих изданиях:

1. Емельянов, П.А. Теоретические и экспериментальные исследования дискового заделывающего органа лукопосадочной машины: Монография / П.А. Емельянов, А.В. Сибирёв, А.Г. Аксенов. – Пенза: РИО ПГСХА. – 2015. – 174 с.

2. Лобачевский, Я.П. Машинная технология производства лука: Монография / Я.П. Лобачевский, П.А. Емельянов, А.Г. Аксенов, А.В. Сибирёв. – Москва: ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. – 2016. – 168 с.

И.о. проректора по учебно-методической и воспитательной работе ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

С.В.Акчурин

И.о. директора института механики и энергетики имени В.П. Горячкина ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, канд. техн. наук, доцент

Ю.В. Катаев

Заведующий кафедрой «Сельскохозяйственные машины» ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, доктор техн. наук, профессор

Н.В. Алдошин



Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Ульяновский государственный
аграрный университет имени П.А. Столыпина»
(ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ)

Новый Венец бульвар, 1, Ульяновск, 432017,
Тел.: (8422) 55-95-35, факс: (8422) 55-23-75
e-mail: ugsha@yandex.ru; <http://www.ugsha.ru>
ОКПО 00493557; ОГРН 1027301181940;
ИНН / КПП 7303009510 / 732501001

«02» апреля 2018 г. № 01-05-02-23 / 501

на № _____ от _____ г.

СПРАВКА

о внедрении в учебный процесс ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ результатов научных исследований

Результаты научных исследований доктора технических наук, профессора Емельянова П.А., доктора технических наук, профессора Лобачевского Я.П., кандидата технических наук Сибирёва А.В., кандидата технических наук Аксенова А.Г., направленные на повышение качества выполнения технологических процессов посадки и уборки лука применяются в учебном процессе кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности» при подготовке: аспирантов, обучающихся по направлению подготовки 05.20.01 Технологии и средства механизации в сельском хозяйстве; магистрантов, обучающихся по направлению подготовки 35.04.06 Агроинженерия и студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия; применительно к дисциплинам: «Разработка конструкций машин и патентоведение», «Технологии и средства механизации в сельском хозяйстве», «Теоретические основы средств возделывания сельскохозяйственных культур», «Технологии и средства механизации растениеводства».

Результаты научных исследований, используемые в учебном процессе ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ представлены в следующих работах:

1. Емельянов, П.А. Теоретические и экспериментальные исследования вибрационно-пневматического высаживающего аппарата для посадки луковец лука-севка: монография / П.А. Емельянов, А.Г. Аксенов. – Пенза: РИО ПГСХА, 2013. – 118 с.

2. Емельянов, П.А. Теоретические и экспериментальные исследования дискового заделывающего органа лукопосадочной машины: монография / П.А. Емельянов, А.В. Сибирёв, А.Г. Аксенов. – Пенза: РИО ПГСХА, 2015. – 174 с.

3. Лобачевский, Я.П. Машинная технология производства лука: монография / Я.П. Лобачевский, П.А. Емельянов, А.Г. Аксенов, А.В. Сибирёв. – Москва: ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, 2016. – 168 с.

Проректор по учебной и
воспитательной работе



Handwritten signature

М.В. Постнова

Декан инженерного факультета,
д.т.н., профессор

Handwritten signature

А.А. Павлушин

Заведующий кафедрой «Агротехнологии, машины и
безопасность жизнедеятельности»,
д.т.н., профессор

Handwritten signature

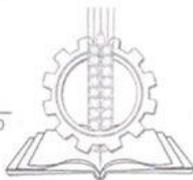
В.И. Курдюмов

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Ministry of Agriculture of the Russian Federation

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ)

Пензенская область, 440014 г. Пенза, ул. Ботаническая, 30
Телефон: (841-2) 62-83-59
Факс: (841-2) 62-83-54
Электронная почта: penz_gau@mail.ru
Сайт: http://pgau.ru



Federal State Budgetary Educational
Institution of Higher Education
«PENZA STATE
AGRARIAN UNIVERSITY»
(FSBEIHE Penza SAU)

30, Botanicheskaya st., Penza, 440014, Penza region
Tel: (841-2) 62-83-59
Fax: (841-2) 62-83-54
E-mail: penz_gau@mail.ru
http://pgau.ru

СПРАВКА

о внедрении в учебный процесс

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет» результатов научно-исследовательской работы

Результаты научно-исследовательской работы коллектива авторов: доктора технических наук, профессора Емельянова П.А., доктора технических наук, члена-корреспондента РАН Лобачевского Я.П., кандидата технических наук Аксенова А.Г., кандидата технических наук Сибирёва А.В., направленные на повышение качества выполнения технологических процессов посадки и уборки лука используются на кафедре «Механизация технологических процессов в АПК» обучающихся по направлениям подготовки:

35.03.06 Агроинженерия, направленность (профиль) подготовки Технические системы в агробизнесе и квалификации «Бакалавр»;

35.04.06 Агроинженерия, направленность (профиль) программы Технологии и средства механизации сельского хозяйства и квалификации «Магистр»;

35.06.04 Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве (Технологии и средства механизации сельского хозяйства) и квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь».

Результаты научно-исследовательской работы, используемые в учебном процессе ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ приведены в следующих изданиях:

1. Емельянов, П.А. Теоретические и экспериментальные исследования вибрационно-пневматического высаживающего аппарата для посадки лукович лука-севка: Монография / П.А. Емельянов, А.Г. Аксенов. – Пенза: РИО ПГСХА. – 2013. – 118 с.

2. Емельянов, П.А. Теоретические и экспериментальные исследования дискового заделывающего органа лукопосадочной машины: Монография / П.А. Емельянов, А.В. Сибирёв, А.Г. Аксенов. – Пенза: РИО ПГСХА. – 2015. – 174 с.

3. Лобачевский, Я.П. Машинная технология производства лука: Монография / Я.П. Лобачевский, П.А. Емельянов, А.Г. Аксенов, А.В. Сибирёв. – Москва: ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. – 2016. – 168 с.

Ректор ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ,
доктор техн. наук, профессор

Декан инженерного факультета
ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ,
канд. техн. наук, доцент

Заведующий кафедрой «Механизация
технологических процессов в АПК»
ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ,
канд. техн. наук, доцент



О.Н. Кухарев

А.В. Поликанов

А.В. Яшин

Министерство образования, науки и молодежной политики
Нижегородской области
Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный инженерно-экономический университет»
(ГБОУ ВО НГИЭУ)

УТВЕРЖДАЮ

Ректор ГБОУ ВО «Нижегородский
государственный инженерно-
экономический университет», доктор
экономических наук, профессор



А.Е.Шамин

20__ г.

СПРАВКА

о внедрении результатов научно-исследовательской работы

Настоящей справкой подтверждаем, что результаты научно-исследовательской работы коллектива авторов: доктора технических наук, профессора Емельянова П.А., доктора технических наук, члена-корреспондента РАН Лобачевского Я.П., кандидата технических наук Аксенова А.Г., кандидата технических наук Сибирёва А.В., направленные на повышение качества выполнения технологических процессов посадки и уборки лука, используются в учебном процессе инженерного института по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия».

Результаты научно-исследовательской работы, используемые в учебном процессе ГБОУ ВО НГИЭУ приведены в следующих изданиях:

1. Емельянов, П.А. Теоретические и экспериментальные исследования вибрационно-пневматического высаживающего аппарата для посадки лукович лука-севка: Монография / П.А. Емельянов, А.Г. Аксенов. – Пенза: РИО ПГСХА. – 2013. – 118 с.
2. Емельянов, П.А. Теоретические и экспериментальные исследования дискового заделывающего органа лукопосадочной машины: Монография / П.А. Емельянов, А.В. Сибирёв, А.Г. Аксенов. – Пенза: РИО ПГСХА. – 2015. – 174 с.
3. Лобачевский, Я.П. Машинная технология производства лука: Монография / Я.П. Лобачевский, П.А. Емельянов, А.Г. Аксенов, А.В. Сибирёв. – Москва: ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. – 2016. – 168 с.

Декан инженерного института
ГБОУ ВО НГИЭУ,
канд. с-х. наук



А.В. Мартынычев