

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
ФГБОУ ВО ГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи



Дзиццоев Аркадий Павлович

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И РАЗРАБОТКА
УСТРОЙСТВА ДЛЯ СБОРА ЯГОД ЧЕРНИКИ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации
сельского хозяйства

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук,
профессор Тавасиев Р.М.

Владикавказ, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА.....	9
1.1 Распространение и хозяйственное значение черники.....	9
1.2 Анализ существующих технологий и технических средств для сбора дикорастущих год.....	15
1.3 Разработка и обоснование конструктивно-технологической схемы устройства для сбора ягод.....	26
1.4 Выводы, цель и задачи исследования.....	33
2. ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И РАЗМЕРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАСТЕНИЙ И ЯГОД ЧЕРНИКИ	35
2.1 Условия и место проведения исследований.....	35
2.2 Исследование размерных показателей и физико-механических свойств ветвей растений.....	41
2.3 Исследование размеров и физико-механических свойств ягод черники	48
2.4 Выводы.....	56
3. ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕОРИЯ ПРОЦЕССА МЕХАНИЗИРОВАННОГО СБОРА ЯГОД.....	58
3.1 Кинематическое исследование механизма устройства для съема и подачи ягод в емкость.....	58
3.2 Обоснование конструктивно-технологических параметров устройства	63
3.3 Определение потребной мощности привода устройства.....	75
3.4 Выводы.....	78
4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА УСТРОЙСТВА И ОПТИМИЗАЦИЯ ЕГО ПАРАМЕТРОВ.....	80
4.1 Лабораторный образец устройства.....	80
4.2 Методика постановки многофакторного эксперимента.....	83
4.3 Моделирование рабочего процесса устройства и оптимизация его параметров.....	86
4.4 Испытания устройства и уточнение его параметров.....	96
4.5 Выводы.....	105

5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ	107
5.1 Методика оценки	107
5.2 Результаты экономической оценки.....	112
5.3 Выводы	114
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	116
РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ	117
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	119
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Акт внедрения результатов НИР.....	131
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Справка от АККОР по РСО – Алания.....	133
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Устройство для сбора ягод. Патент № 147570.....	134
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Размерные показатели кустов и ягод черники.....	137
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Моделирование рабочего процесса.....	143
ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Расчет экономических показателей.....	146

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Черника – мелкий кустарник семейства брусничных с эллиптическими опадающими листьями и зеленовато-розоватыми цветками. Плоды – шаровидные сине-черные ягоды с кисло-сладкой, вяжущей мякотью. Цветет в мае, плоды созревают в июле – сентябре. Распространена черника почти повсеместно в лесной зоне, преимущественно на севере и в средней полосе России. В горных лесах Кавказа встречается местный вид – черника кавказская на высоте 700-1500 м над уровнем моря. Черника – хороший медонос, собранный с нее красноватый мёд имеет очень приятный запах [1,2].

Ягоды черники содержат 5-6% сахара, около 1% кислот (лимонной, яблочной, молочной, хинной, янтарной), витамин С, дубильные (около 1,5%), пектиновые (0,6%) и красящие вещества, гликозид миртиллин. Черника занимает первое место среди всех ягод и фруктов по содержанию марганца, в ней много железа. Употребляют чернику в свежем и сушеном виде. Из ягод готовят экстракты, сок, сиропы, варенье, кисели, морс. В листьях растения содержатся дубильные вещества, органические кислоты (в том числе аскорбиновая), эфирное масло и гликозиды неомиртиллин, эриколин, арбутин. Листья и стебли растения используют для дубления и окраски кож в коричневый и желтый цвета [3,4,5].

Ягоды черники – отличный регулятор желудочно-кишечной деятельности. Кроме того, они оказывают благотворное влияние при катарах желудка (особенно с пониженной кислотностью желудочного сока) и кишечника. В народной медицине чернику употребляют при камнях в почках, подагре, ревматизме, малокровии, кожных и других болезнях. В последнее время учеными обнаружено, что экстракты черники содержат вещества, улучшающие остроту зрения. Поэтому их рекомендуют как профилактическое средство для лиц, работа которых сопряжена со значительным напряжением зрения, например, шоферов, машинистов, пилотов и т.д. [6,7]

Ягоды черники собирают в период полного созревания. Так как они легко мнутся, при сборе нужно соблюдать особую осторожность. Собирают ягоды в

сухую погоду, после того, как сойдет роса. Сбор ягод черники – очень трудоемкий процесс.

В настоящее время для сбора черники созданы и применяются различные ручные инструменты, принципиально не отличающиеся друг от друга по своей конструкции. Все существующие инструменты выполнены в виде ковша, снабженного счесывающим элементом. Все они лишены механического привода и основаны на ручном труде сборщика ягод.

В связи с этим механизация процесса сбора ягод черники в горных условиях является актуальной задачей.

Степень разработанности темы. В условиях горного произрастания черники технология сбора ягод более трудоемкая, чем на равнине, что связано с подъемами и уклонами местности, а также ее пересечениями. В этих условиях сбор ягод вручную с помощью ковша не только очень трудоемок, а часто и невозможен. Обоснованием и разработкой механизированной технологии и технических средств в садоводстве (ягодководстве) и связанных с ними вопросов занимались как отечественные, так и зарубежные авторы: Г.П. Варламов, Х.А. Хачатрян, М.Е. Демидко, Ю.А. Утков, А.И. Завражнов, И.М. Куликов, Б.Х. Кульчиев, В.Д. Забросаев, В.В. Бычков, А.А. Цымбал, В.Д. Бартенев, Л.А. Шомахов, А.Б.Кудзаев, Р.Р. Ягубян, В.К. Полянин, Р.М. Тавасиев, В.Г. Бросалин, Ю.А. Шекихачев, Р.А. Балкаров, В.И. Горшенин, Б.В. Бахарев, А.В. Вишняков, Р. Фридли, Ж. Диаполу, Ж. Стефанелли и многие другие [8-46]. Анализ их работ показал, что в них отсутствуют сведения о механизированном сборе ягод черники в горных условиях.

Работа выполнена в соответствии с планом НИОКР инновационного проекта по программе «СТАРТ» на тему «Исследование и разработка экспериментального образца механизированного устройства для сбора ягод» (гос. рег. №012001174672, г. Владикавказ, 2012 г.).

Цель исследования – повышение эффективности сбора ягод черники в горной местности путем совершенствования технологии и разработки механизированного устройства для ее осуществления.

Задачи исследования:

- разработать конструктивно-технологическую схему механизированного устройства для сбора ягод черники;
- исследовать физико-механические свойства и размерные показатели ветвей и ягод черники в горных условиях;
- обосновать теоретически и экспериментально параметры и режимы рабочего процесса устройства для сбора ягод черники;
- провести проверку работы устройства в производственных условиях в горной местности и дать сравнительную экономическую оценку.

Объект исследования: технологический процесс сбора ягод черники с использованием механизированного устройства.

Предмет исследования: установление закономерностей и параметров процесса механизированного сбора ягод черники.

Научная новизна диссертационного исследования. Разработана конструктивно-технологическая схема устройства для сбора ягод черники; определены физико-механические свойства и размерные показатели ветвей и ягод черники в горных условиях; механизированный процесс сбора ягод черники в горных условиях.

Техническая новизна устройства для сбора ягод подтверждена патентом РФ на полезную модель № 147570 (Приложение В). Разработано устройство, совмещающее вращающиеся гребенки с неподвижным бункером (емкостью) для ягод, обеспечивающее качественный съем плодов черники.

Теоретическая и практическая значимость работы. Разработано механизированное устройство для сбора ягод черники в горных условиях и получены теоретические и экспериментальные зависимости по обоснованию его параметров и режима рабочего процесса. Результаты исследований являются основой для совершенствования технологии сбора ягод, а также расчета конструктивно-технологических параметров устройства для его осуществления. Практическую значимость имеют: уточненные значения физико-механических свойств и размерных показателей растений и ягод черники в горных условиях; предложенная автором конструкция устройства для механизированного сбора ягод черники и оптимальные значения его параметров и режима работы.

Методика исследования. Теоретические исследования выполнялись с использованием положений и законов классической механики, математики и математического моделирования. Предложенное устройство исследовалось в лабораторных и производственных условиях в соответствии с действующими ГОСТ, ОСТ и разработанными частными методиками. Результаты теоретических исследований подтверждены экспериментальной проверкой на физических моделях, лабораторных и опытно-производственных установках. Обработка результатов экспериментальных исследований осуществлялась на ПЭВМ с использованием пакетов программ Matlab, Excel.

Основные научные положения диссертации, выносимые на защиту:

- конструктивно-технологическая схема механизированного устройства для сбора ягод черники;
- результаты исследования физико-механических свойств и размерных показателей растений и ягод черники в горных условиях;
- теоретически и экспериментально обоснованные параметры и режимы рабочего процесса устройства для сбора ягод черники;
- результаты проверки разработанного устройства для сбора ягод в производственных условиях, а также сравнительной экономической оценки технологий и технических средств.

Достоверность результатов подтверждается использованием современных методик и оборудования, достаточным количеством экспериментов, соответствием экспериментальных данных теоретическим результатам исследований, (сходимость результатов теоретических и экспериментальных исследований составила не менее 95%, погрешность опытов – не более 5%), публикацией результатов в ведущих журналах, одобрением докладов, представленных на конференциях различных уровней.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы представлены и одобрены на ежегодных научно-производственных конференциях ФГБОУ ВО «Горский ГАУ» (г. Владикавказ, 2012...2017 г.г.), на VI Международной научно-практической конференции и выставке по проблеме «Устойчивое развитие горных территорий» (г. Владикавказ, 2016 г.);

на НПК «Научно-практические основы ускорения импортозамещения продукции садоводства» (г. Мичуринск, 2017), а также на расширенном заседании кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка» ФГБОУ ВО Горский ГАУ (г. Владикавказ, 2018 г.).

Реализация результатов исследования. Разработанное механизированное устройство для сбора ягод черники используется в индивидуальном порядке жителями пос. Мадзаска (Дигорское ущелье) Ирафского района Республики Северная Осетия-Алания. Основные положения и рекомендации диссертационного исследования приняты научно-производственным внедренческим предприятием «Наука», которое включило в план выпуска устройство для сбора ягод черники (Приложение А); республиканской ассоциацией крестьянских (фермерских) хозяйств Северной Осетии – Алания и используются для внедрения путем организации семинаров, выставок, ярмарок, широкой рекламы (Приложение Б).

Публикации результатов исследования. По результатам диссертационной работы опубликовано 10 печатных работ, в том числе 6 в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, получен 1 патент РФ на полезную модель. Общий объем публикаций составляет 7,74 п.л., из них автору принадлежит 3,64 п.л.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 124 наименований и 6 приложений. Работа изложена на 147 страницах машинописного текста, содержит 21 таблицу и 41 рисунок.

1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

1.1 Распространение и хозяйственное значение черники

Черника обыкновенная - низкий кустарничек до 50 см высотой, с угловатыми острогранистыми зелеными молодыми веточками и длинными ползучими корневищами. Листья мелкие, 15-35 мм длиной, яйцевидные, яйцевидно-эллиптические, рассеянно опущенные. Цветки розовые, поникающие, расположены по одному, реже по два на коротких поникающих ножках при основании молодых веточек. Венчик кувшинчатый или шаровидный, с пятизубчатым отгибом, зеленовато-розовый. Плод - сочная, круглая, черная ягода с сизым налетом, семена мелкие, многочисленные.

Черника кавказская распространена в Юго-Восточной Болгарии, Турции (Северная Малая Азия), Северном Иране и на Кавказе. Для Кавказа большинством исследователей вид чаще указывается в Западном Закавказье. Произрастает также в западной и центральной частях Северного Кавказа, Западном и Центральном Закавказье, Талыше [47-49]. В Республике Северная Осетия-Алания (РСО-Алания) черника кавказская произрастает в зоне среднегорных широколиственных лесов, в системах Лесистого, Пастбищного и Скалистого хребтов [50-52].

Черника кавказская встречается на территории РСО-Алания практически во всех типах буковых лесов (при максимальной полноте древостоя до 0,9), в диапазоне высот 600-1500 м над уровнем моря. Она образует сплошные заросли или встречается одиночно. Как правило, заросли черники больших площадей не занимают, участки высокого проективного покрытия площадью от 0,5 до 2-3 га разделены разреженными зарослями или вид вообще выпадает из древостоев. Черника активно заселяет вырубку, старые гари и образующиеся в сплошных древостоях окна, создавая плотные низкорослые заросли высотой до 0,7-1,0 м. Проективное покрытие таких зарослей на небольших участках может достигать 100%. Листья черники кавказской выросшей на открытых освещенных местах более плотные и имеют хорошо заметный красноватый

оттенков. На солнце краснеют и стебли побегов текущего года. У затененных особей подобных признаков не наблюдается. На открытых местах черника практически не плодоносит и высоких кустов (выше 1 м) не образует. Оптимального плодоношения черника кавказская достигает при полноте древостоя 0,3-0,7 в букняках. На узких гребнях гор, в условиях хорошего освещения, под пологом разновозрастных среднеполнотных лесов она достигает высоты до 2,5 м, при диаметре ствола на уровне земли до 4 см, образуя заросли с проективным покрытием до 95 %, но чаще не выше 50-70 %.

Проведенные почвенные раскопки показали поверхностное распространение корневой системы черники [53]. Максимальные глубины проникновения корней в почву – до 15 см, у старых генеративных особей. У основной массы растений все корни размещены в верхнем слое почвы глубиной до 7 см. Основной способ размножения вегетативный – корневыми отпрысками. Семенное размножение черники кавказской в изучаемых условиях незначительно.

Наибольшие площади заросли черники в РСО –Алания занимают в бассейнах рек Ардон и Урух. В восточной части республики, восточнее р. Гизельдон черника практически не встречается. Представляющие потенциальный ресурсный интерес плодоносящие заросли черники обнаружены преимущественно в диапазоне высот 800-1100 м над ур. м, на водоразделах малых рек, стекающих со Скалистого, Пастбищного и Лесистого хребтов (реки Майрамадаг, Суадаг, Цахсад, Тамиск, Црау, Урсдон и другие) [50-52]. Максимальное проективное покрытие вида может достигать 80-100 %, но усредненное для всех плодоносящих участков равно примерно 50 %. Суммарная площадь плодоносящих зарослей черники на территории республики Северная Осетия – Алания равна 800-1500 га [51,52].

Зацветает черника в мае-июне уже в облиственном состоянии с крупными листовыми пластинками. Соцветия появляются на побегах предыдущего или предшествующего ему года. Цветение сильно растянуто по времени и в пределах одного местонахождения и даже одного растения может длиться до месяца. Вторичное цветение черники, приходящееся на фазу плодоношения,

происходит в августе - сентябре. Цветение слабое, цветут не все особи, в кисти 1-3 цветка. В.З. Гулисашвили [53] указывает на дву- и трехкратное цветение черники в Западном Закавказье. По данным И.Д. Чхетиани [54], в Сванетии черника систематически цветет дважды. По Северному Кавказу многократного цветения черники кавказской в литературе не отмечено. Плоды черники созревают с августа до конца сентября, на одном кусте первые наиболее крупные ягоды уже осыпаются и в то же время часть ягод еще остается зеленой. Значительная часть ягод склевывается птицами.

Глазомерная урожайность черники определялась по шестибальной шкале Каппера и в среднем равнялась 3,5 баллам, в отдельные годы урожайность оценивалась от 1 до 4 баллов [55]. За время наблюдений цветение дважды оценивалось нами в 5 баллов, но градобития и засухи снижали урожайность ягод до 1-3 баллов.

Количественный учет урожайности проводился по методике А.В. Калининой [56,57]. На каждом участке случайным методом отбиралось 25 кустов (стволиков) черники, измерялась их высота, диаметр стволика и проекция кроны. Урожай собирался отдельно с каждого куста. Проекцию кроны одного куста принимали за 100 % покрытие. Путем расчетов устанавливали средний биологический урожай на 1м² при 100 % проективном покрытии. На основе этих данных рассчитывали урожайность для изучаемых зарослей черники при данном балле урожайности.

Биологическая урожайность черники в РСО-Алания колеблется от 500 до 1200 кг/га при 80-100 %. Хозяйственный урожай при коэффициенте сбора 0,63 [56] соответственно равен 315 и 756 кг/га.

Один куст черники на открытых местах дает 600-700 плодов; под пологом сомкнутостью менее 0,5 дает 120-130 плодов, а при сомкнутости 0,5 и более – 120-150 ягод.

На Западном Кавказе (Краснодарский край) в Гузерипльском лесхозе на высоте 1300-1400 м над ур. м. проводилось длительное изучение урожайности черники кавказской в буково-пихтовых древостоях полнотой 0,6-0,7 [58,59].

Авторы отмечают, что средний балл плодоношения за годы наблюдений составил 3,5 и урожаи по годам относительно стабильны. При максимально возможном балле плодоношения максимальная урожайность может достигать 2400 кг/га. Усредненные ресурсы плодов черники кавказской по Краснодарскому краю составляют 4600 т (хозяйственный урожай при коэффициенте сбора 0,63 достигает 2300 т), при средней урожайности 430 кг/га [58].

Фактический (возможный для заготовки) урожай черники кавказской близок к биологическому, поскольку плоды ее практически не повреждаются грибными болезнями и насекомыми-вредителями. Лишь 1-2 % плодов склевывают птицы [56].

Дикорастущие заросли видов рода черника на территории России занимают обширные территории. Между тем, результаты учетов валового запаса сырья (пищевого и лекарственного) весьма противоречивы. Статистические данные свидетельствуют о том, что населением используется лишь около 3 % этого запаса.

Род черника включает много полезных для человека растений. Черника обыкновенная имеет пищевое и лекарственное значение. Заготавливаются ее ягоды, листья. Ягоды используются в пищу в свежем и переработанном виде. В них содержатся: глюкоза, фруктоза, сахароза (иногда сахароза может отсутствовать), органические кислоты, в частности яблочная и лимонная.

Свежие ягоды, а также отвар из сухих ягод широко применяются при расстройствах кишечника, особенно у детей. Используются также листья и молодые ветви, богатые вяжущими веществами. Экстракты, отвары и настои из листьев употребляют при хронических энтеритах, желчнокаменной и мочекаменной болезнях и воспалениях мочеполовой системы. Экстракты содержат вещества, улучшающие зрение. В семенах обнаружено около 31 % высыхающего масла, похожего на льняное и до 18 % протеина [60,61].

В ягодах обнаружен краситель, широко, применяемый в пищевой промышленности. Сироп из ягод используется в фармакологии для улучшения вкуса лекарственных средств. Сок черники повышает содержание гемоглобина в крови. В листьях черники обыкновенной обнаружен неомиртиллин-

инсулиноподобное вещество, благодаря чему отвар из листьев снижает содержание сахара в крови и используется при лечении сахарного диабета [62,63].

По литературным данным, в Карачаево-Черкессии водочный настой черники в смеси с корнями брусники назначается при простудных заболеваниях. Листья, ягоды, молодые веточки используются при болезнях желудка, легких. Настои плодов и листьев рекомендуются при диарее, гастритах, лейкозах, сыпном тифе. Спиртовые экстракты назначают при новообразованиях в желудке [64].

Плоды черники обыкновенной в сушеном виде входили в I, VII, VIII, IX государственные фармакопеи. В фармакологии препараты листьев черники рекомендованы в качестве кардиотонического, желчегонного, противовоспалительного, антисептического, противовоспалительного средств [61].

В свежем и переработанном виде плоды черники используются как антисептические, антибактериальные, противоглистные средства. Они также назначаются в виде примочек, мазей, отваров при кожных заболеваниях [64].

По лечебным свойствам листья и плоды черники кавказской идентичны чернике обыкновенной и разрешены к употреблению в научной медицине, что отражено в литературных источниках [64,65].

Плоды черники кавказской обладают приятным кисло-вяжущим вкусом. В сыром веществе плодов содержится до 6 % общего сахара (фруктоза, глюкоза, сахароза), 0,41 % пектинов, 0,63 % протопектинов; 39 мг% аскорбиновой кислоты, до 1 % свободных кислот с преобладанием яблочной, 1168 мг % полифенолов, 1144 мг % катехинов, 1116 мг % антоцианов, 244 мг % лейкоантоцианов; в пересчете на сухое вещество - 117,7 мг % фосфора, 161,6 мг % - кальция, 72,6 мг%- магния, 2,5 мг%- железа, 5,52 мг%- клетчатки [66,67].

Листья черники кавказской издавна использовали как заменитель черного чая, а нередко и для фальсификации последнего. По данным А.Н. Краснова [68] на рубеже XIX-XX веков ферментированные листья черники кавказской под названием «кавказского чая» сотнями пудов вывозились из Батуми в Россию. Основная масса этого продукта использовалась для разбавления настоящего черного чая.

В.В. Мжаванадзе [66] исследованы химические компоненты растения, изучены и разработаны оптимальные способы получения аналогов черного чая из листьев и побегов черники кавказской. «Черный чай» из её листьев обладает тонизирующим и лечебным эффектом и получается путем ферментирования молодых листьев и побегов.

Листья содержат до 12- 14% дубильных веществ и наряду со стеблями используются для дубления и окрашивания кожи, в коричневый и желтый цвета [69].

Ягоды черники широко используются населением для приготовления киселей, варенья, морсов, сиропов. Сок ягод используют как краситель при изготовлении плодово-ягодных вин и безалкогольных напитков. Плоды видов рода черника активно поедают различные дикие животные. Черника обыкновенная и кавказская являются хорошими медоносами, медопродуктивность до 80 кг/га [62,63,67].

При заболеваниях полости рта и горла рекомендуются в виде полоскания отвары и настои плодов черники кавказской. При геморрое помогает отвар плодов в виде клизм или компрессов [64].

Большинство видов рода черника заготавливаются и перерабатываются лесными хозяйствами и прочими организациями средней полосы и севера России. Имеется опыт промышленного выращивания голубики в Карелии, брусники - в Нижегородской и Костромской областях [70].

В Белоруссии, на Украине, а также в США и Канаде широко практикуется плантационное выращивание этих видов, ведется большая селекционная работа [70].

1.2 Анализ существующих технологий и технических средств для сбора дикорастущих ягод

Все кто собирает лесные ягоды, знают, какой тяжелый труд по одной яголке набрать ведро или хотя бы небольшую корзину (рисунок 1.1). Существуют приспособления снижающие трудоемкость сбора ягод, на рисунках 1.2...1.7 представлены наиболее распространенные приспособления для сбора ягод черники. Собирать ягоды с их помощью значительно легче. Они появились еще в старину, тогда их изготавливали из бересты (рисунок 1.2) и были непрочны и недолговечны [71].

Позже аналогичные приспособления стали вырезать из цельного дерева (рисунок 1.3), изготовить их было значительно сложнее, однако, они были намного долговечней берестяных [72].

В настоящее время деревянные приспособления изготавливают на механизированных станках (рисунок 1.4), что позволило значительно повысить их технологичность [73].

В городе Коврове, Владимирской области, предприятием ООО «Канопус» [74] производятся металлические приспособления для сбора ягод (рисунок 1.5). Они снабжены специальным клапаном, предотвращающим высыпание ягод из ковша при работе. Конструкция приспособления позволяет собирать ягоды с наименьшими повреждениями растений. Изделие выполнено из стали, с порошковым лакокрасочным покрытием, которое защищает изделие от коррозии металла и способствует быстрой очистке совка от загрязнений.



Рисунок 1.1 – Дикая черника (горная)

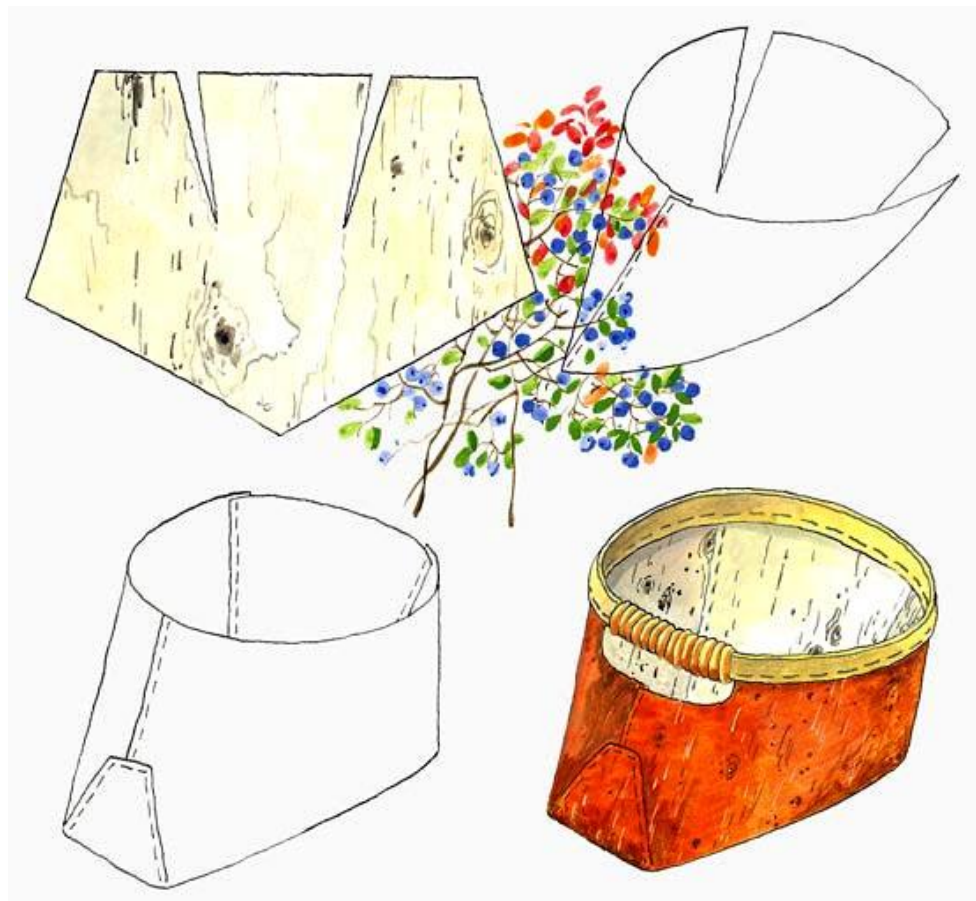


Рисунок 1.2 – Берестовое приспособление для сбора ягод черники



Рисунок 1.3 – Деревянный ковш для сбора ягод черники (ручная работа)



Рисунок 1.4 – Деревянные ковши для сбора ягод черники (изготовлены на станке)



Рисунок 1.5 – Металлическое приспособление для сбора ягод черники



Рисунок 1.6 – Ковш для сбора ягод черники
(из полимерного материала)



а – общий вид



б – вид снизу

Рисунок 1.7 – Приспособление для сбора ягод черники финского производства:

В последнее время большое распространение стали получать приспособления, выполненные из полимерных материалов [75,76] (рисунки 1.6...1.7).

Они легче металлических и не уступают в долговечности стальным. На рисунке 1.7 изображено приспособление, выпускаемое финскими производителями. При хорошем урожае с помощью этого приспособления дневной сбор черники может достигнуть 50 кг [76].

Известно, также устройство для сбора ягод, содержащее корпус с рукояткой, бункер, съемный рабочий орган с подхватывающим ягодник элементом, у которого съемный рабочий орган выполнен в виде рамки с дополнительной рукояткой и шарнирно закрепленными на рамке подпружиненными Г-образными дужками, а подхватывающий ягодник элемент выполнен в виде гребенки [77]. При работе с этим устройством ягодник не прочесывается зубьями гребня, а стекает с гребня, не повреждаясь.

Существует устройство для сбора ягод, преимущественно клюквы, содержащее сборную емкость с ручкой, корпус с очесывающим приспособлением в виде ряда параллельно расположенных зубьев, передние концы которых закреплены на поперечине, расположенной в верхней части корпуса [78].

Недостатком этого устройства является то, что при сборе мягкие ягоды остаются в сборной емкости и мнутся при следующем проходе стеблей с ягодами, или же следует высыпать ягоды из бункера, что снижает производительность труда сборщика. Другим недостатком устройства можно считать, то что при сборе черники и голубики его надо циклически ставить вертикально для скатывания ягод в бункер, чтобы убрать их со счесывающих стержней, так как они будут мяться следующим стеблем с ягодой, что снижает производительность труда сборщика ягод.

Изобретение направлено на увеличение производительности труда, уменьшение повреждений ягод и качественную очистку ягод от мусора непосредственно при сборе, повышение качества собираемых ягод [78].

Поставленная цель достигается тем, что устройство для сбора ягод, преимущественно черники и брусники, снабжено рукояткой, прикрепленной к сборной емкости, в которой концы каждой направляющей расположены в сборной емкости и образуют нижнюю стенку, переходящую по радиусу в стенки из параллельно расположенных дополнительных стержней, на задней

стенке которой смонтирована гребенка, при этом промежуточные стержни состоят из двух рядов параллельно расположенных дугообразных, волнистых стержней, смещенных по высоте и между рядами относительно друг друга и прикрепленных одним концом к передней части сборной емкости, к которой закреплена удлиненная Г-образной формы рукоятка, причем после каждого ряда расположен ограничитель стеблей в виде овала, а верхняя стенка сборной емкости выполнена в виде прозрачной крышки [79].

Определенный интерес представляет устройство, изображенное на рисунке 1.8 [79] на нем: *a* - вид сбоку; *b* - вид сверху; *в* - вид спереди; *г* - вид сзади; *д* – общий вид.

Устройство для сбора ягод состоит из удлиненной Г-образной формы рукоятки 1, прикрепленной к сборной емкости 2, с заслонкой внутри 3, с верхней стенкой в виде прозрачной крышки на шарнире 4, направляющих параллельных стержней 5, переходящих в сборную емкость и образующих нижнюю стенку 6 по радиусу R , переходящих в боковые стенки из дополнительных параллельных стержней 7.

Рабочий счесывающий орган состоит из двух рядов 8 параллельно расположенных дугообразных, волнистых стержней 9, смещенных по высоте и между рядами относительно друг друга и прикрепленных одним концом к направляющим стержням 5, а другим концом к передней части сборной емкости 2. После каждого ряда дугообразных стержней 8 расположен валообразный ограничитель стеблей 10. К задней стенке прикреплена гребенка 11.

Устройство для сбора ягод, преимущественно черники и голубики, работает следующим образом [79].

Берут за удлиненную Г-образной формы рукоятку 1 такой длины, чтобы вести устройство сквозь кустарник с ягодами или стебли с ягодами не наклоняясь. Стебли с ягодами проходят между направляющими стержнями 5 и ягоды заходят на параллельные волнистые, дугообразные стержни 9 рядов 8, которые за счет слабой упругости пропускают стебли с ягодами, почки, побеги и за счет жесткого противодействия снимают ягоды. Волнистая поверхность промежуточных стержней не дает ягодам сжиматься по дуге и за счет смещения их по

высоте они не скатываются по наклонной, а падают между рядами 8 стержней 9, которые смещены между собой, на направляющие стержни 5 и скатываются за заслонку 3 в сборную емкость 2. Овалообразный ограничитель 10 не дает стеблям с листьями повреждать ягоду на направляющих стержнях 5 [79].

Работает устройство следующим образом. С помощью подобранной по руке удлиненной Г-образной формы рукоятки вращают устройство с ягодами вокруг оси рукоятки из стороны в сторону, перекатывая ягоды в сборной емкости 2 через решетку 6 по радиусу R в центре нижней стенки. За счет радиуса стенок и решетки 6 в нижней стенке ягоды перекатываются в один слой и мусор выходит сквозь стержни дна и стенок сборной емкости.

Открыв прозрачную крышку 4 верхней стенки, которая занимает всю площадь верхней стенки сборной емкости 22, вынимают оставшийся крупный мусор рукой, не касаясь ягод руками.

Ягоды с веточками и листиками вынимают из сборной емкости и пропускают сквозь гребенку 11, прикрепленную в верхней части задней стенки, при этом ягоды отрываются и падают обратно в сборную емкость. При такой технологии сбора ягод весь мусор очищается на месте сбора, ягоды не требуют дополнительной перекатки, что повышает качество продукции и увеличивает производительность труда сборщика ягод [80].

Данное устройство обеспечивает технологический процесс сбора ягод, улучшает качество процесса, однако его конструкция сложна и не технологична. Труд сборщика не облегчается, устройство сложно использовать для сбора дикорастущих ягод, особенно в горной местности.

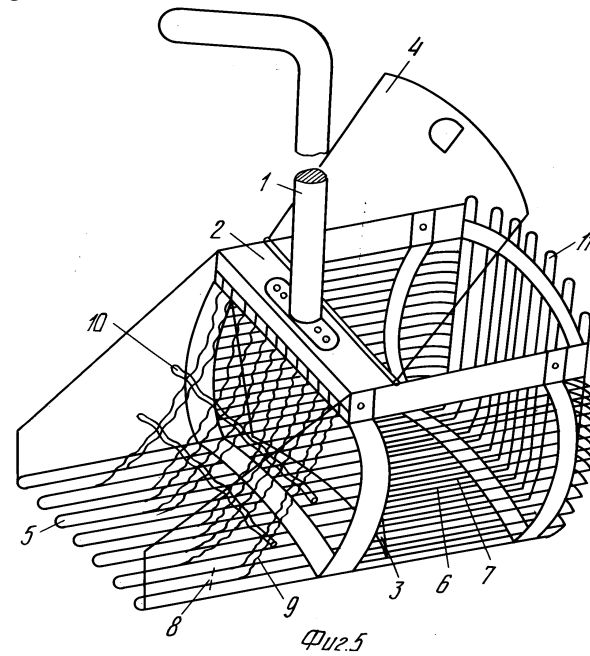
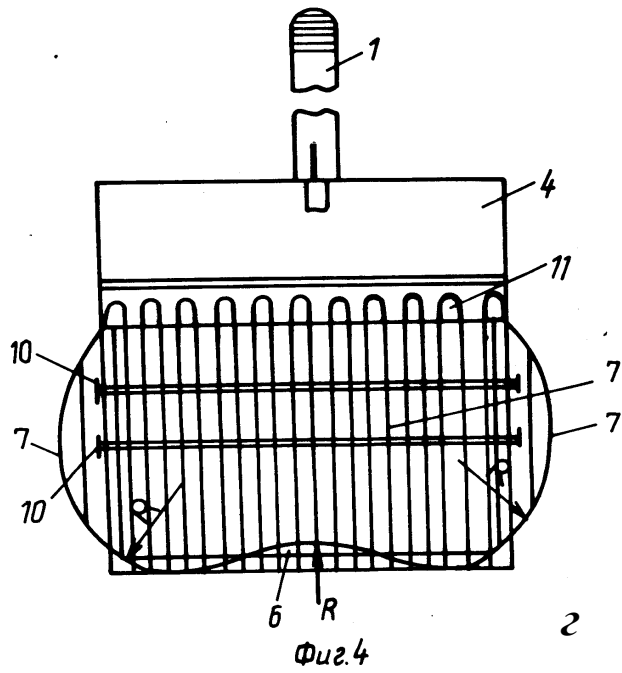
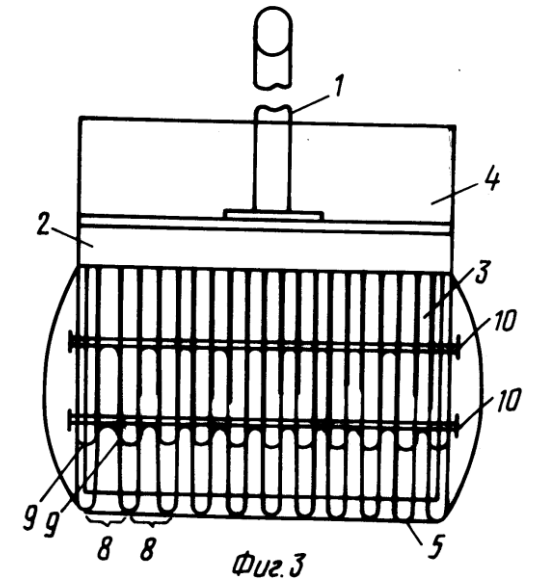
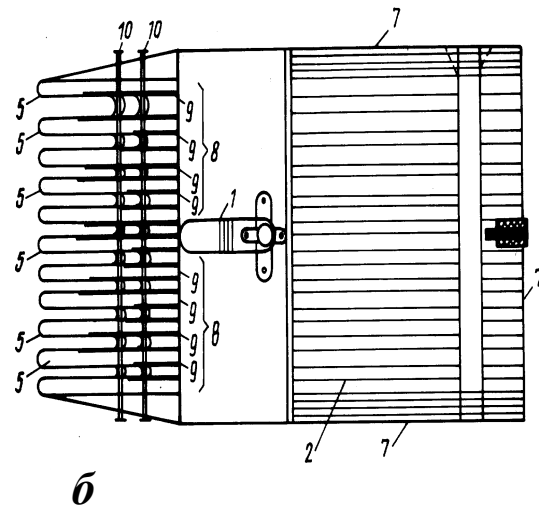
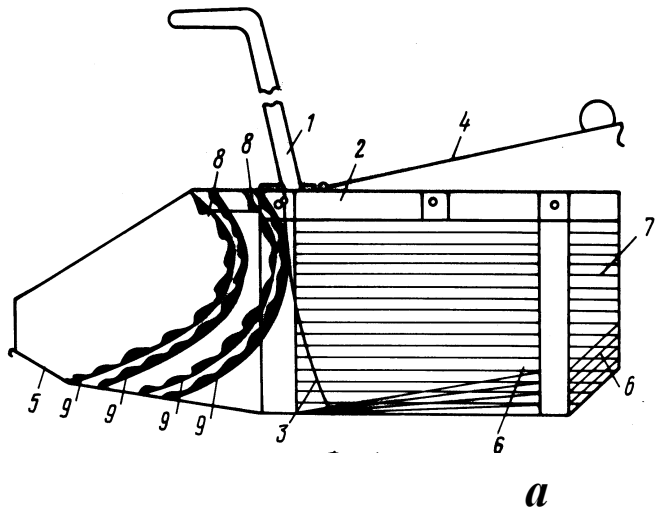
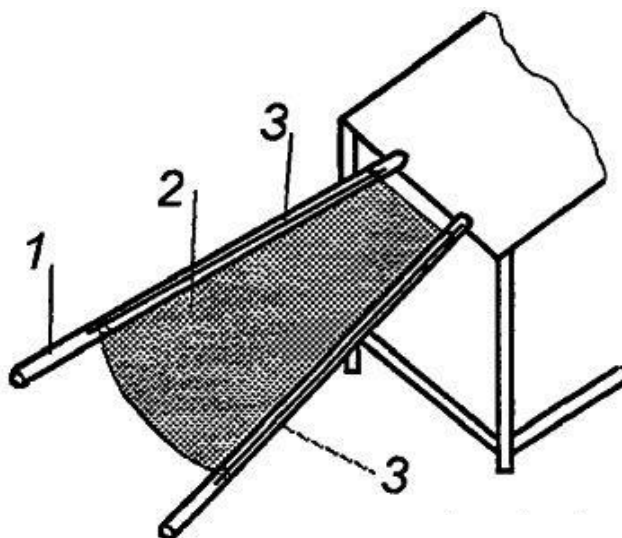


Рисунок 1.8 – Устройство для сбора ягод

Для очистки собранных ягод от примесей (упавших с деревьев листьев, шишек, травинок, хвоинок и даже мелких грибов), предлагается простейшее устройство, конструкция которого представлена на рисунке 1.9 [80].



1 – брус; 2 – полотно; 3 – рейки

Рисунок 1.9 - Устройство для очистки ягод от примесей:

Устройство состоит из двух одинаковых реек длиной 3...3,5 м. На них укладывают матерчатое полотно, например, ковровую дорожку, которая примерно на 50 см короче брусьев. Ворсистая поверхность дорожки хорошо удерживает примеси, а ягоды по ней свободно перекатываются. Полотно на брусьях закрепляют с помощью реек. В составе устройства для очистки ягод от примесей имеется щетка, с помощью которой примеси удаляют с полотна. Закругленная форма реек способствует легкому удалению мусора с полотна, но в тоже время они служат надежными ограничительными бортиками, предотвращающими перескакивание ягод из устройства на землю.

Работу по очистке ягод проводят два человека. Устройство устанавливают наклонно под углом к поверхности земли примерно 30° , для чего верхние концы реек устанавливают на стол, а нижние упирают в землю. Под нижними

концами реек расстилают кусок полиэтиленовой пленки, из которого с помощью подкладываемых под полиэтиленом брусков, досок, камней и прочего формируют короб – карман для чистых ягод. Рейки расположены друг по отношению к другу под некоторым углом, как это показано на рисунке 1.9, что повышает устойчивость всей конструкции. Натяжка полотна на рейки неодинаковая – в верхней части полотно натянуто сильно, а в нижней с провисанием, что облегчает работу. Первый сборщик высыпает собранные ягоды с примесями с высоты примерно 20 см на верхнюю часть полотна, например, с помощью небольшого ковшика. При этом почти весь мусор задерживается в верхней трети длины полотна, а практически чистые ягоды скатываются на полиэтилен. Первый сборщик, кроме того, движениями щетки вправо-влево периодически очищает полотно от накопившихся на нем примесей. По мере накопления чистой ягоды (10...15 литров) ее укладывают в ящики для дальнейшего хранения и транспортировки. За день работы производительность очистки составит около 100 кг черники. Так как ягода нежная, дающая сок и мокнущая из-за этого, не следует ее хранить в необработанном виде более 5 суток. Позже этого срока «перекатка» ягод становится неэффективной – ягоды и мусор прилипают к намокшему от сока полотну, время очистки увеличивается, качество ее ухудшается.

Перебранные ягоды требуется хранить в удобной таре – невысоких пластмассовых или картонных ящиках. Ягоды засыпают в эти ящики тонкими слоями (2...3 см), перекладывая каждый слой листами бумаги, например, газетой. Ягоды при этом меньше мнутся при тряске, а выделенный ими сок частично будет впитываться бумагой, в результате они сохранят товарный вид. В транспортное средство картонные ящики желательно укладывать в один слой или перекладывать их фанерой, которая опиралась бы на дополнительные подставки, то есть сделать для ящиков этажерки. Пластиковые ящики, как правило, можно устанавливать один на другой, так как они имеют соответствующие упоры по углам.

Данное устройство для очистки ягод черники в горных условиях вполне применимо и допустимо, поэтому его можно рекомендовать к использованию.

Выполненный анализ устройств для сбора ягод показал, что основным недостатком описанных устройств и приспособлений является их низкая производительность труда ввиду применения чистого ручного труда. Для сбора черники созданы и применяются различные ручные инструменты, принципиально не отличающиеся друг от друга по своей конструкции.

Все существующие технические средства для сбора ягод черники выполнены в виде ковша, снабженного счесывающим элементом. Все они лишены механического привода и основаны на ручном труде сборщика ягод, что существенно ограничивает производительность их труда.

В связи с этим, необходимо разработать механизированное устройство для сбора дикорастущих ягод черники и обосновать его оптимальную конструктивно-технологическую схему, а также параметры и режим рабочего процесса.

1.3 Разработка и обоснование конструктивно-технологической схемы устройства для сбора ягод

На основании существующего технологического процесса, применяемого при сборе ягод ручными приспособлениями, разработаны и исследованы различные варианты конструктивных схем устройства для сбора ягод черники.

Исходя из результатов обзора существующих технологий и технических средств для сбора ягод, а также анализа их недостатков, нами были предъявлены следующие требования к разрабатываемому устройству:

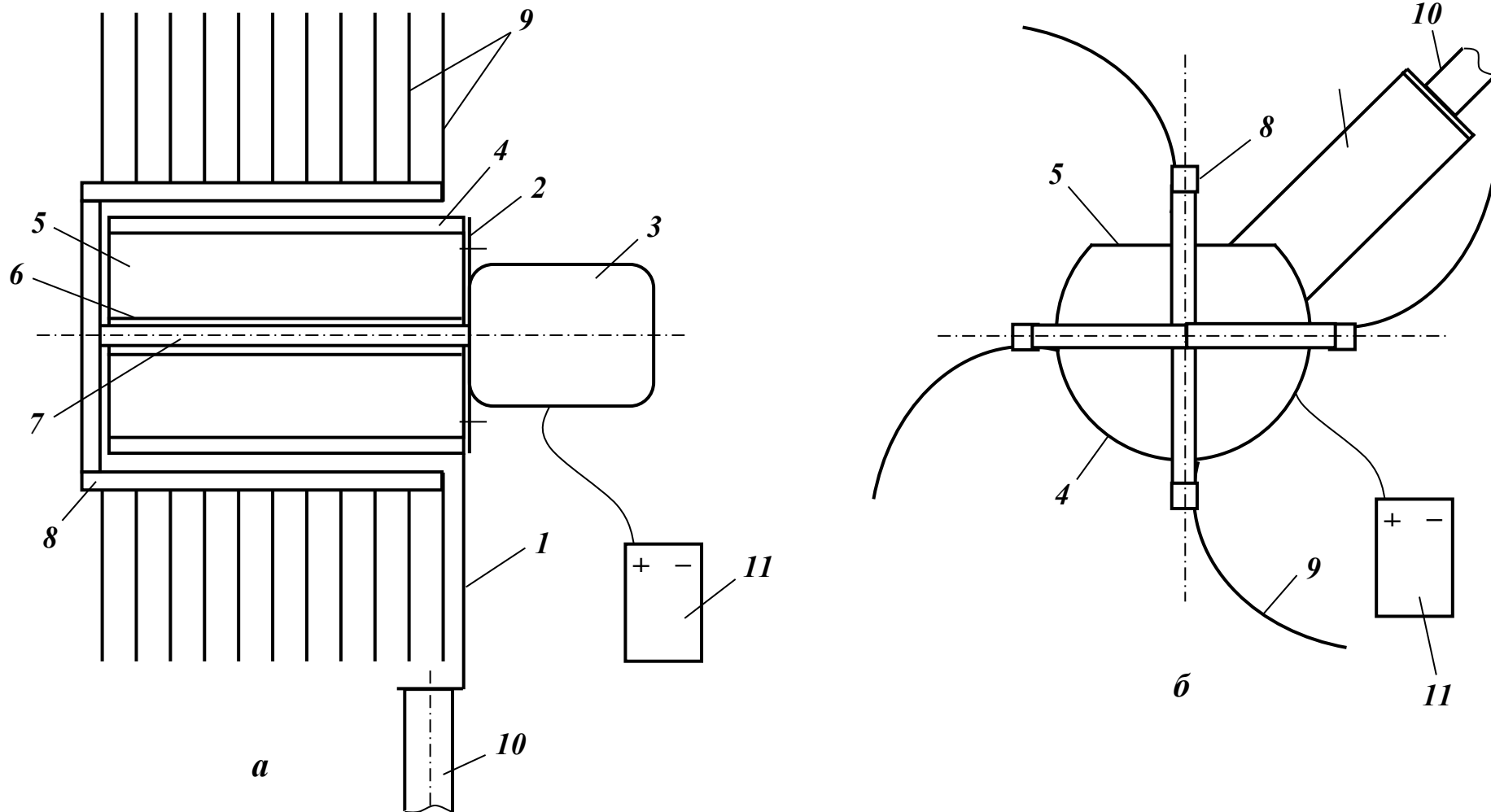
- устройство должно быть снабжено счесывающим элементом, приводимым в движение электроприводом с автономным портативным электропитанием и бункером для промежуточного накопления собираемых ягод;
- сборщик ягод при работе не должен занимать позу на коленях или сидя на корточках, а должен работать стоя, не нагибаясь существенно.

На рисунке 1.10 изображена конструктивная схема первого варианта устройства.

На корпусе 1, выполненном в виде Г-образной металлической пластины, с помощью фланца 2 неподвижно установлены мотор-редуктор 3, бункер 4 с люком 5. В центре бункера установлена сквозная втулка 6, через которую проходит вал 7 мотор-редуктора 3. На свободном конце вала мотор-редуктора установлен счесывающий барабан 8. По периферии барабана установлены счесывающие элементы, состоящие из расположенных рядами, изогнутых металлических прутков 9. На корпусе 1 неподвижно установлена штанга 10. Устройство снабжено аккумуляторной батареей 11.

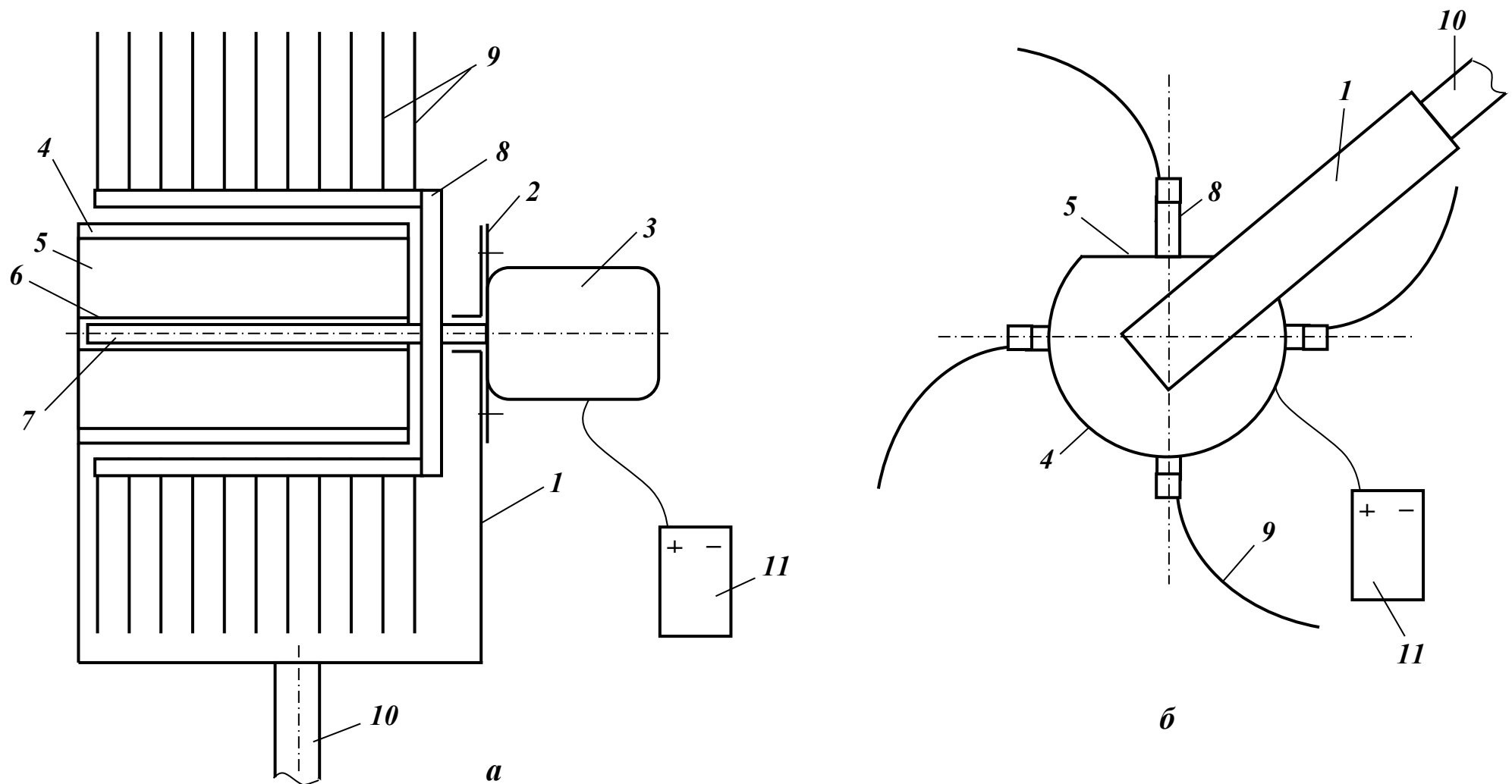
На рисунке 1.11 представлена конструктивная схема второго варианта устройства. На корпусе 1, выполненном в виде вилки, с помощью фланца 2 неподвижно установлен мотор-редуктор 3. На противоположной стороне корпуса, также неподвижно, установлен бункер 4, который в верхней своей части снабжен люком 5. В центре бункера установлена металлическая втулка 6, которая насквозь проходит бункер вдоль ее оси. Вал 7 мотор-редуктора расположен в металлической втулке по всей ее длине. Счесывающий барабан 8 закреплен на валу 7 в пространстве между бункером и мотор-редуктором. На счесывающем барабане установлены счесывающие элементы, состоящие из расположенных рядами, изогнутых металлических прутков 9. На корпусе 1 установлена штанга 10. Устройство снабжено аккумуляторной батареей 11.

На рисунке 1.12 представлена конструктивная схема третьего варианта устройства. Корпус 1 выполнен из металлической пластины в виде вилки. На одной из сторон корпуса неподвижно установлен мотор-редуктор 2. На противоположной стороне корпуса, также неподвижно установлен бункер 3, который снабжен люком 4. На валу 5 мотор-редуктора 2 установлен счесывающий барабан 6 таким образом, что бункер размещен внутри барабана.



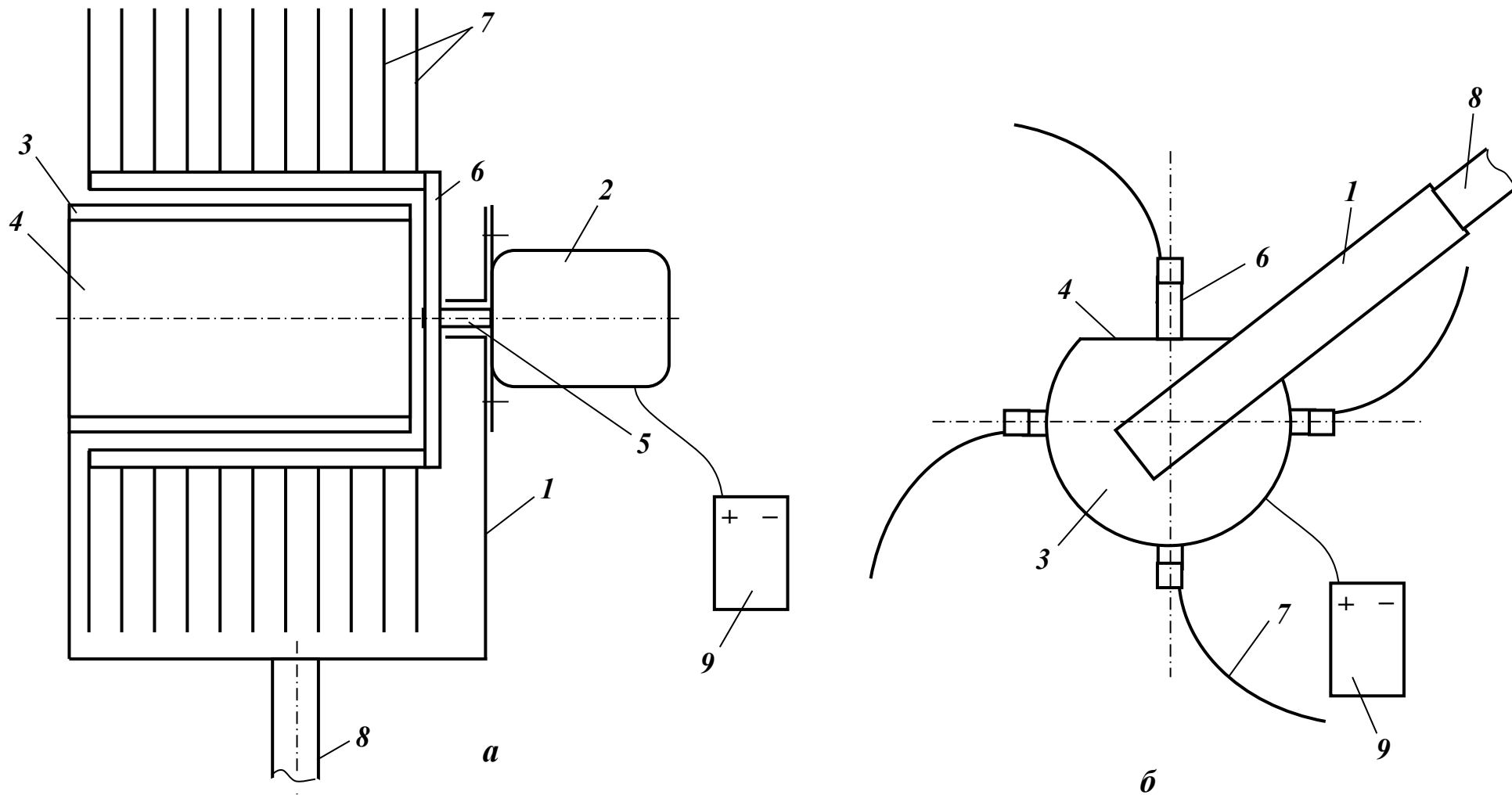
*а – общий вид; б – вид сбоку; 1 – корпус; 2 – фланец; 3 – мотор-редуктор; 4 – бункер; 5 – люк бункера;
 б – втулка; 7 – вал мотор-редуктора; 8 – счесывающий барабан; 9 – счесывающие элементы; 10 – штанга;
 11 – аккумуляторная батарея*

Рисунок 1.10 – Конструктивная схема устройства для сбора ягод черники (вариант 1):



*а – общий вид; б – вид сбоку; 1 – корпус; 2 – фланец; 3 – мотор-редуктор; 4 – бункер; 5 – люк; 6 – втулка;
 7 – вал мотор-редуктора; 8 – счесывающий барабан; 9 – счесывающие элементы; 10 – штанга;
 11 – аккумуляторная батарея*

Рисунок 1.11 – Конструктивная схема устройства для сбора ягод черники (вариант 2):



а – общий вид; б – вид сбоку; 1 – корпус; 2 – мотор-редуктор; 3 – бункер; 4 – люк бункера; 5 – вал мотор-редуктора; 6 – счесывающий барабан; 7 – счесывающие элементы; 8 – штанга; 9 – аккумуляторная батарея

Рисунок 1.12 – Конструктивная схема устройства для сбора ягод черники, вариант 3:

Также, как и в предыдущих вариантах, по периферии барабана установлены счесывающие элементы, состоящие из расположенных рядами, изогнутых металлических прутков 7. На корпусе 1 установлена штанга 8. Мотор-редуктор снабжен аккумуляторной батареей 9.

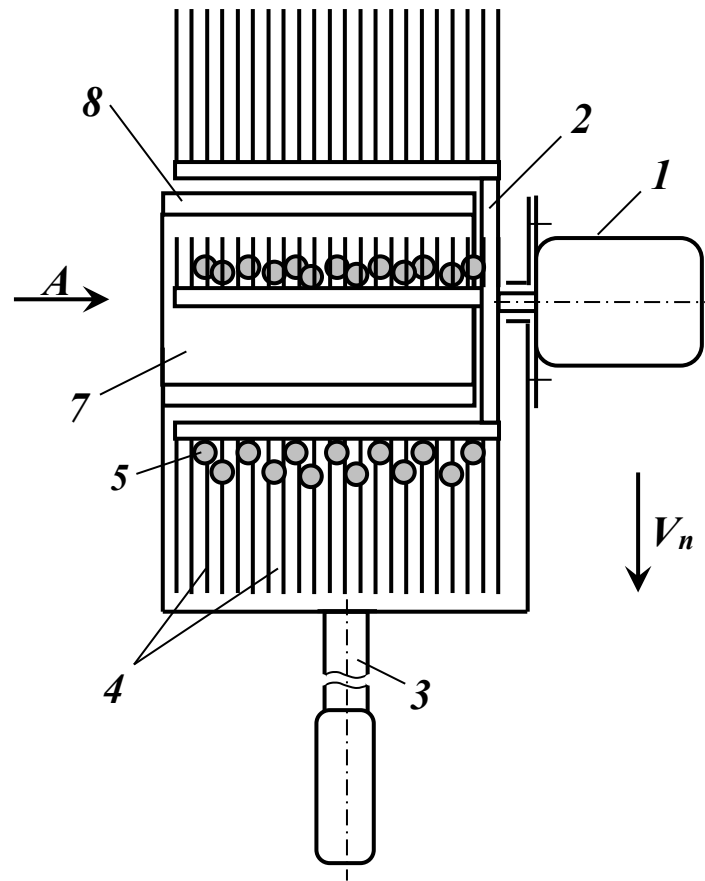
Преимуществом первого варианта конструктивной схемы является то, что вал мотор-редуктора имеет достаточно длинную опору в виде втулки, проходящей через полость бункера. За счет этого обеспечивается жесткость посадки счесывающего барабана относительно корпуса и бункера. Однако, наличие втулки внутри бункера усложняет конструкцию и технологичность устройства.

У второго варианта конструктивной схемы жесткость посадки счесывающего барабана относительно корпуса и бункера также обеспечивается за счет длины опоры вала мотор-редуктора. Здесь конструкция устройства усложнена по той же причине. Эта конструкция усложнена еще и потому, что корпус приходится выполнять П-образной формы.

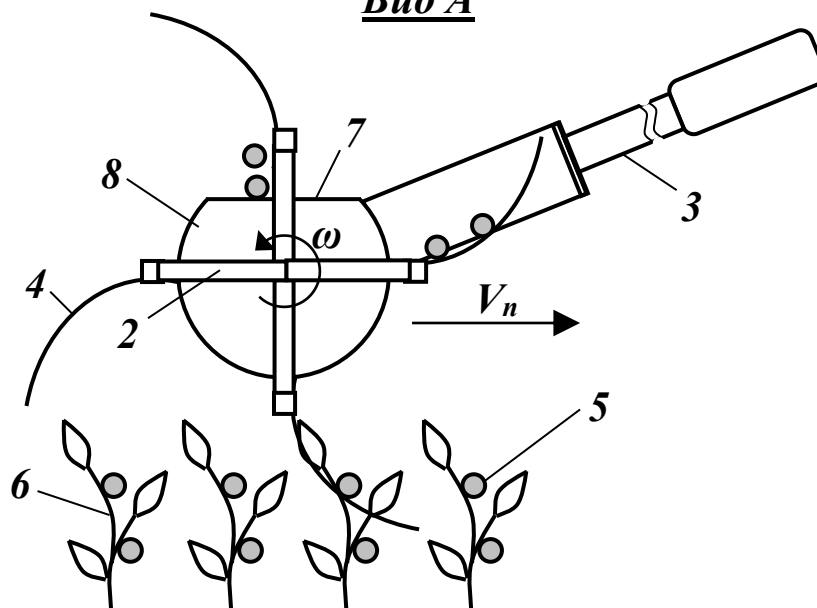
Одним из недостатков третьего варианта конструктивной схемы является то, что ее корпус также выполнен П-образной формы. Однако, эта конструкция существенно упрощена за счет того, что втулка вала мотор-редуктора вынесена за пределы полости бункера. Втулка установлена между корпусом и бункером. В этой конструкции жесткость посадки счесывающего барабана можно обеспечить как за счет увеличения длины втулки, так и за счет применения более совершенных конструкций вала и втулки.

Таким образом, учитывая преимущества и недостатки рассмотренных конструктивных схем, нами выбран третий вариант устройства.

На рисунке 1.13 показана технологическая схема устройства для сбора ягод, выполненная согласно рациональной конструктивной схеме. Рабочий процесс устройства следующий: посредством мотор-редуктора 1 счесывающий барабан 2 приводится во вращение в направлении, показанном на рисунке 1.13. Одновременно оператор с помощью штанги 3 совершает поступательное движение устройства с некоторой скоростью V_n таким образом,



Вид А



1 – мотор-редуктор; 2 – счесывающий барабан; 3 – штанга; 4 – счесывающий элемент; 5 – ягода; 6 – куст ягодника; 7 – люк бункера; 8 – бункер

Рисунок 1.13 – Технологическая схема работы устройства для сбора ягод:

чтобы счесывающие элементы 4 захватывали периферийную зону ягодника, то есть ту часть растений, в которой растут ягоды 5. В процессе работы устройства счесывающие элементы 4 внедряются в кусты 6 ягодника и прочесывают их. Диаметр стеблей меньше зазоров между счесывающими элементами 4, а диаметр ягод больше этих зазоров. Поэтому стебли растений проходят сквозь зазоры между счесывающими элементами, а ягоды отделяются от растений, оставаясь на счесывающих элементах. В процессе вращения счесывающего барабана ягоды, находящиеся на счесывающих элементах, переносятся в зону над люком 7 бункера 8. В этой зоне угол наклона счесывающего элемента увеличивается, и ягоды через люк скатываются в бункер. После наполнения бункера ягоды высыпаются из бункера устройства в основную тару (например, в ящик).

Анализ преимуществ и недостатков различных, предложенных конструктивных схем устройства для сбора ягод, позволил установить наиболее рациональную из них и принять ее за основу при разработке экспериментального образца механизированного устройства.

Принятый за основу вариант конструктивно-технологической схемы устройства по своим преимуществам выгодно отличается от других за счет более простого конструкторского решения совмещения счесывающего барабана и бункера для ягод, на него получен патент РФ на полезную модель (Приложение В), [81].

1.4 Выводы, цель и задачи исследования

Поисковые исследования позволили сделать следующие выводы.

1. Черника кавказская широко распространена на Кавказе. Суммарная площадь плодоносящих зарослей черники на территории республики Северная Осетия – Алания составляет 800-1500 га., биологическая урожайность черники колеблется от 500 до 1200 кг/га, а хозяйственная - соответственно от 315 кг/га до 756 кг/га.

2. Анализ современных технологий и средств сбора ягод черники показал, что данная операция повсеместно выполняется вручную. Все существующие технические средства для сбора ягод черники выполнены в виде ковша, снабженного счесывающим элементом, и они лишены механического привода, что существенно ограничивает производительность их труда. Особую актуальность сбор ягод с механизированным устройством приобретает с дико-растущей черники в горных условиях.

3. Обоснована конструктивно-технологическая схема устройства для осуществления механизированной технологии сбора ягод черники в горных условиях. Привод устройства электрический, от аккумуляторной батареи, устройство должно позволять проводить сбор ягод на пересеченной местности с уклоном до 35° .

На основе результатов анализа технологий и технических средств для сбора ягод нами сформулирована цель и определены задачи исследования, учитывающие условия, связанные с их произрастанием в горных условиях.

Задачи исследования:

- исследовать физико-механические свойства и размерные показатели ветвей и ягод черники в горных условиях;
- обосновать теоретически и экспериментально параметры и режимы работы устройства для сбора ягод черники;
- провести проверку работы устройства в производственных условиях в горной местности и дать сравнительную экономическую оценку.

2. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И РАЗМЕРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАСТЕНИЙ И ЯГОД ЧЕРНИКИ

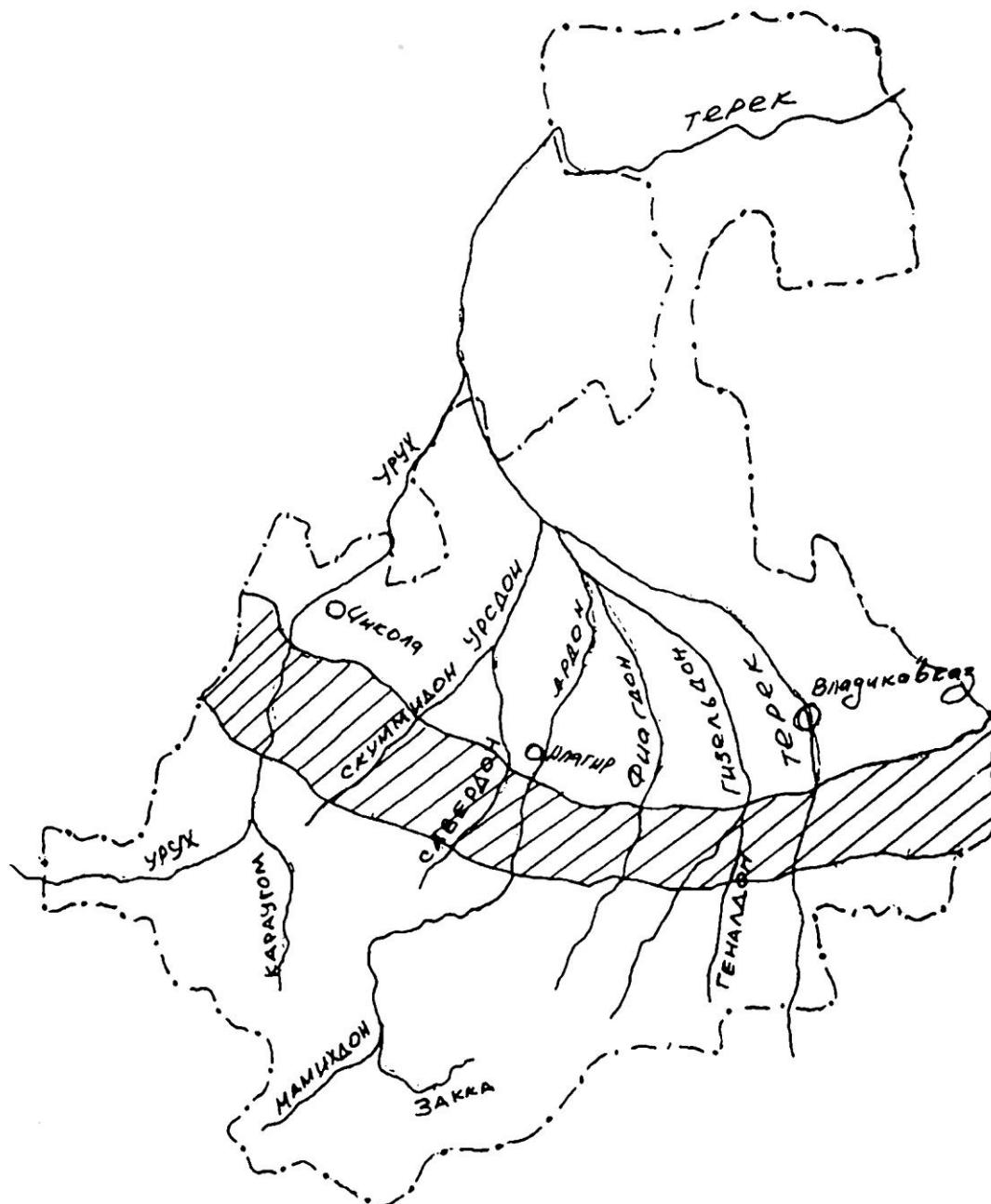
2.1 Условия и место проведения исследований

В Республике Северная Осетия-Алания черника кавказская произрастает в подлеске низкогорных и среднегорных широколиственных буково-грабовых лесов, в системах Лесистого, Пастбищного и Скалистого хребтов, на высотах от 700 до 1500 м над уровнем моря [50,51,82].

Установлено, что в Северной Осетии черника распространена довольно широко, она растет в зоне широколиственных буковых лесов от западной границы республики с Кабардино-Балкарией до границы с Ингушетией на востоке. Встречаемость черники на этих территориях не одинакова. Она может образовывать обширные дискретные заросли различного проективного покрытия, площадью в десятки и сотни гектаров, как в западной или центральной частях республики или встречаться с плотностью несколько растений на гектар, как в восточной ее части.

Наиболее обширные заросли выявлены в междуречье р. Урух и р. Ардон (Ирафский, Дигорский и Алагирский лесхозы), восточнее - в междуречье Ардона и Фиагдона - черника начинает встречаться реже (Суадагский лесхоз и Дзуарикауское лесничество Владикавказского лесхоза), в Майрамадагском лесничестве Владикавказского лесхоза черника отмечена небольшими куртинами (до 100 м²) и одиночными растениями, а в долинах рр. Гизельдон и Терек (Владикавказский и Терский лесхозы) нами практически не встречалась. Далее к востоку, в бассейне р. Сунжа (Пригородный лесхоз), отмечены небольшие участки буково-грабовых лесов с незначительным участием черники кавказской в подлеске.

Область, где растет черника или возможно ее произрастание, показана на рисунке 2.1. Она в основном совпадает с областью распространения широколиственных буково-грабовых лесов.




 - область произрастания черники кавказской

Рисунок 2.1 - Область произрастания черники кавказской в РСО-А

Установлена зона вероятного произрастания черники кавказской. В меридиональном направлении она имеет протяженность 105 км, а в широтном - от 1 до 5 км; исходя из этого, общая площадь района возможного произрастания черники кавказской в РСО-А занимает примерно 300 км² или 30 000 га, в то время как общая площадь буковых лесов в республике составляет 75 000 га [83]. То есть буковые леса с возможным произрастанием черники кавказской составляют примерно 40 % от всей площади буковых лесов РСО-А.

Между тем, в ходе полевых исследований нами установлены участки достоверного произрастания зарослей черники кавказской общей площадью 1049 га, что указано в таблице 2.1. Площадь зарослей устанавливалась нами по картографическим материалам, маршрутным исследованием и шагомерными измерениями на местности.

Под зарослями черники кавказской нами понимались участки, где ее проективное покрытие на специально заложенных пробных площадях было не менее 10%.

Таким образом, площадь достоверно выявленных зарослей черники кавказской в РСО-Алания составляет 1049 га, или 3,5% площадей ее возможного произрастания, или 1,4 % площади всех буково-грабовых лесов республики. Хотя ранее А.Л. Комжа [82] относил чернику кавказскую к редким видам, по нашему мнению, в РСО-А в настоящее время она может быть отнесена к более многочисленным, так как ее заросли занимают многие сотни гектаров, а площади с редким произрастанием еще более обширны и никакие факторы не угрожают ее нынешнему состоянию в РСО-А.

Учитывая рассеченность горного рельефа и затрудненность полного детального обследования местности, вероятная площадь зарослей может колебаться в диапазоне 1100-2500 гектаров, а площадь плодоносящих зарослей достигать 330-500 га.

Таблица 2.1 - Размещение и площадь зарослей черники кавказской
в РСО-Алания

№№ п/п	Местонахождение (бассейн или долина реки)	Площадь зарослей, га	Плодоносящие заросли, га
1.	Хазнидон	30	
2.	Урух	20	2
3.	Дур-Дур	14	2
4.	Скумидон	90	20
5.	Савердон	190	40
6.	Цраудон	490	135
7.	Тамискдон	135	35
8.	Хаталдон	40	10
9.	Суадагдон	30	5
10.	Фиагдон	10	0.5
11.	Майрамадагдон	-	-
12.	Гизельдон	-	-
13.	Терек	-	-
14.	Камбилеевка	-	
15.	Сунжа	-	-
	Всего	1049	249,5

Размещение зарослей черники по лесхозам республики отражено в таблице 2.2. [84]

Таблица 2.2 - Площадь зарослей черники кавказской
по лесхозам РСО-Алания

Тип зарослей	Площадь зарослей по лесхозам, га					Всего
	Ирафский	Дигорский	Алагирский	Суадагский	Владикавказский	
Всех зарослей	50	294	625	70	10	1049
Плодоносящих	2	62	170	15	0,5	249,5

Наибольшая площадь зарослей черники кавказской выявлена в Алагирском лесхозе (625 га), что может объясняться наибольшей степенью его изученности в ходе наших работ. Далее следуют Дигорский (294 га), Суадагский (70 га) и Ирафский (50 га) лесхозы. Во Владикавказском лесхозе выявлено всего 10 га зарослей черники кавказской в его западной части, в бассейне реки Фиагдон.

В различных растительных сообществах РСО-Алания произрастает несколько десятков видов дикоплодовых растений. Данные по занимаемым дикоплодовыми площадям очень противоречивы и неполны. На землях Гаслесфонда учитывается только меньшая часть дикоплодовых республики, представляющих потенциальный интерес [83].

В России, учитывая ее географическое положение, наибольшее хозяйственное значение имеют растения, принадлежащие к семейству вересковых - клюква, брусника, черника, голубика, толокнянка [85,86]. В то же время в Северной Осетии виды рода черника - одни из наиболее малоизвестных. Черники обыкновенная, кавказская и брусника, произрастающие на тысячах гектаров в высокогорных районах, в основном собираются местным сельским населением для личного потребления и почти не реализуются на городских рынках.

В Северной Осетии – Алании выявлено 1049 га зарослей черники кавказской с проективным покрытием вида не менее 10 %, из них 249,5 га или 23,8 % плодоносящие заросли [84].

Наиболее продуктивным по ресурсам черники кавказской типом леса в РСО-А является букняк азалиево-черничный. В гораздо меньшем количестве она встречается в букняках овсяницевых.

Таблица 2.3 - Площади плодоносящих зарослей черники кавказской по лесхозам РСО-Алания

Проективное покрытие черники в зарослях, %	Площадь зарослей по лесхозам, га					Всего
	Ирафский	Дигорский	Алагирский	Суадагский	Владикавказский	
10-30%	1	15	85	6	0,5	107,5
30-50%	1	34	24	3		62
50-70%		10	39	2		51
70-90%		2	18	3		23
90-100%		1	4	1		6
Всего	2	62	170	15	0,5	249,5

В таблице 2.3 приводятся данные по проективному покрытию плодоносящих зарослей черники кавказской в различных лесхозах РСО-А. Как видно из таблицы, основная масса плодоносящих зарослей- 169,5 га или 67,9%- имеет проективное покрытие черники до 50 %. Суммарная площадь плодоносящих зарослей черники составляет 249,5 га или 23,8% от площади всех выявленных зарослей черники.

Исходя из данных исследований урожайности (кг/га) [84], суммарный годовой биологический урожай черники кавказской может составить 69 тонн по всем плодоносящим зарослям.

Хозяйственная урожайность отличается от биологической и определяется умножением на коэффициент 0,63, что дает 43,47 тонны хозяйственно доступных запасов ягод черники кавказской в РСО-А при среднем многолетнем балле урожайности [84].

При среднем многолетнем балле урожайности в 3-3,5 баллов биологическая урожайность черники кавказской колеблется от 250 до 800 кг/га. Биологические ресурсы вида, при среднем многолетнем балле урожайности, составляют 69 тонн.

2.2 Исследование размерных показателей и физико-механических свойств ветвей растений

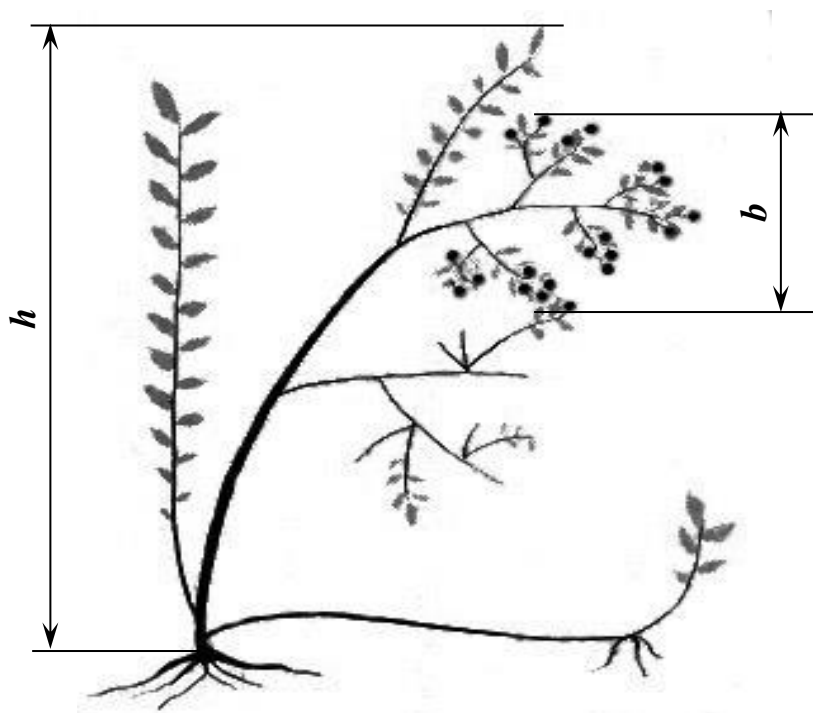
Исследования проводились в Дигорском ущелье РСО-Алания в период с 01.09.2011 – 2015 г.г. с июня по сентябрь. Измерение объектов осуществлялось с использованием метровой металлической линейки с ценой деления 1 мм. Результаты измерений округлялись с точностью до 1 мм и фиксировались в соответствующих таблицах [87].

На рисунке 2.3 изображена схема куста черники с обозначением высоты растения и толщины плодоносного слоя.

Результаты экспериментальных исследований обрабатывались методами математической статистики и теории вероятностей [88-93].

Повторность по всем замерам брали в пределах доверительной вероятности 0,95 с предельной ошибкой, равной среднеквадратическому отклонению. При этом вычисляли следующие средневзвешенные величины: среднюю

арифметическую \bar{X} , среднее квадратическое отклонение $\bar{\sigma}$, ошибку среднего квадратического отклонения $\bar{\sigma}_x$, коэффициент вариации V , показатели асимметрии A и эксцесса \mathcal{E} .



h – высота куста; b – толщина плодоносного слоя

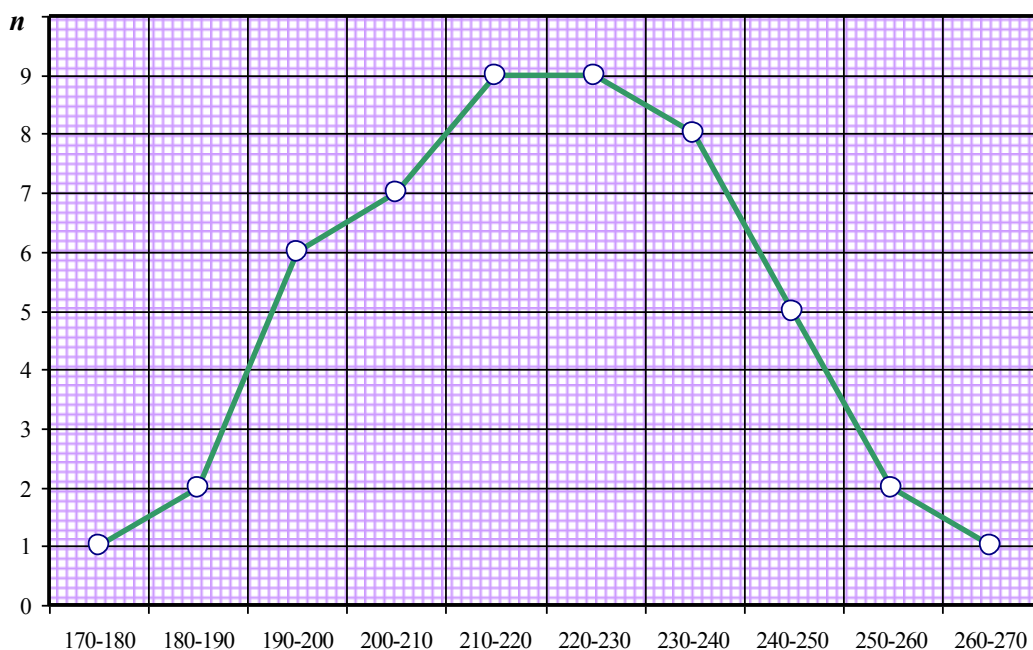
Рисунок 2.3 – Схема куста черники:

Сравнение эмпирического и теоретического распределений проводили по критерию согласия Пирсона χ^2 при уровне значимости 0,05 в связи с тем, что теоретические значения параметров функции распределения неизвестны.

Далее проводится анализ полученных результатов. Параметры, вычисляемые при статистическом анализе, вычислялись известными методами с использованием компьютера, преимущественно программы EXEL.

Высота куста. В приложении Г, в таблице 1 приведены значения высоты кустов h_i , полученные в результате измерений, и промежуточные результаты

вычислений для статического анализа. На основе полученных значений h_i построен интервальный вариационный ряд, который в виде графика изображен



на рисунке 2.4.

Рисунок 2.4 – Интервальный вариационный ряд распределения высоты кустов (h)

По характеру кривой графика можно предположить, что она является функцией плотности нормального распределения. Проверка этой гипотезы проводилась по критерию согласия Пирсона

$$\chi^2 < \chi^2_{k;\alpha} \quad (2.1)$$

где χ^2 – расчетное значение критерия Пирсона;

$\chi^2_{k;\alpha}$ – теоретическое (табличное) значение критерия Пирсона для заданных значений числа степеней свободы k и уровня значимости α .

h . мм

Расчетное значение критерия Пирсона χ^2 рассчитывалось на компьютере с помощью программы EXEL. Расчет χ^2 приведен в приложении Г, таблица 2.

В результате статической проверки по критерию согласия Пирсона гипотеза о нормальном законе распределения подтверждена, так как

$$(\chi^2=3,06) < (\chi^2_{7;0,05}) \quad (2.2)$$

Далее проведена статистическая оценка параметров распределения величины h_i . Полученные значения этих параметров приведены в таблице 2.4. Среднее арифметическое составило $h_{cp} = 219$ мм; дисперсия $\sigma^2 = 396$; стандартное отклонение $\alpha = 19,9$ мм; максимум $h_{max} = 260$ мм; минимум $h_{min} = 170$ мм.

При этом высота плодоносного слоя куста черники в основном находится на уровне 2/3 от поверхности почвы.

Таблица 2.4 – Результаты статистического анализа ряда значений высоты кустов h

№ п/п	Наименование показателей	Значение показателей
1	Среднее арифметическое	218,96 мм
2	Дисперсия	395,50857
3	Стандартное отклонение	19,887519 мм
4	Расчетное значение критерия Пирсона	0,59
5	Теоретическое значение критерия Пирсона при $k = 8$ и $\alpha = 0,05$	14,1
6	Гипотеза о нормальном законе распределения, “да” и “нет”	да
7	Максимум	260 мм
8	Минимум	170 мм
9	Медиана	219,5 мм
10	Мода	236 мм

Толщина плодоносного слоя. Аналогичные измерения и расчеты проведены для толщины плодоносного слоя кустов черники. Результаты измерений и промежуточные результаты вычислений для статистического анализа приведены в приложении Г, таблица 3. На основании полученных результатов построен интервальный вариационный ряд, который в виде графика изобра-

жен на рисунке 2.5. Проверена гипотеза о нормальном законе плотности распределения исследуемой величины. В результате статистической проверки по критерию согласия Пирсона выдвинутая гипотеза подтверждена, так как

$$(\chi^2=8,97) < (\chi_{7;0,05}^2=14,1).$$

При статистической оценке параметров распределения величины b_i получены результаты, приведенные в таблице 2.5.

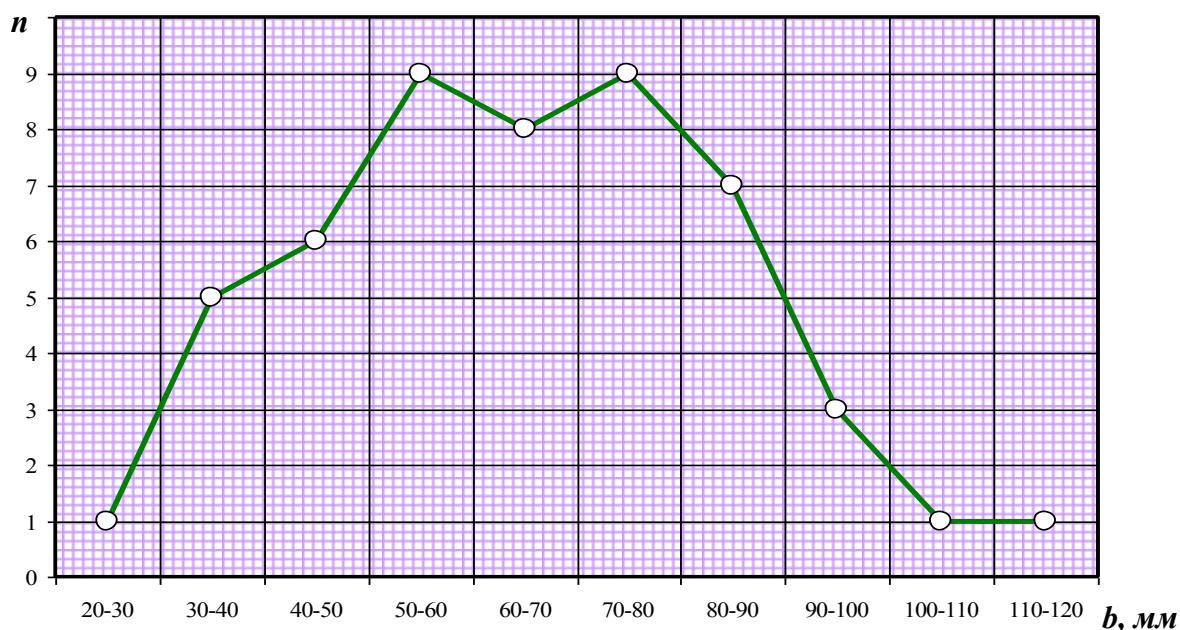


Рисунок 2.5 - Интервальный вариационный ряд распределения толщины плодоносного слоя (b)

Таблица 2.5 – Результаты статистического анализа ряда значений толщины плодоносного слоя кустов черники (b)

№ п/п	Наименование показателей	Значение показателей
1	Среднее арифметическое	62,6 мм
2	Дисперсия	399,22449
3	Стандартное отклонение	19,9806028 мм
4	Расчетное значение критерия Пирсона	8,97
5	Теоретическое значение критерия Пирсона при $k=7$ и $\alpha=0,05$	14,1
6	Гипотеза о нормальном законе распределения, "да" или "нет"	да
7	Максимум	110 мм
8	Минимум	25 мм
9	Медиана	60 мм

10	Мода	70 мм
----	------	-------

Значения основных показателей: среднее арифметическое $b_{cp} = 62,6$ мм; дисперсия $\sigma^2 = 399$; стандартное отклонение $\sigma = 19,98$ мм; максимум $b_{max} = 110$ мм; минимум $b_{min} = 25$ мм.

Усилие отрыва листьев черники от ветвей измеряли с помощью электронного динамометра растяжения ДОР-0,5-2 с ценой деления 0,01 Н. Результаты измерений приведены в приложении Г, таблица 4. На рисунке 2.6 изображен график интервального вариационного ряда распределения величины усилия отрыва листьев q .

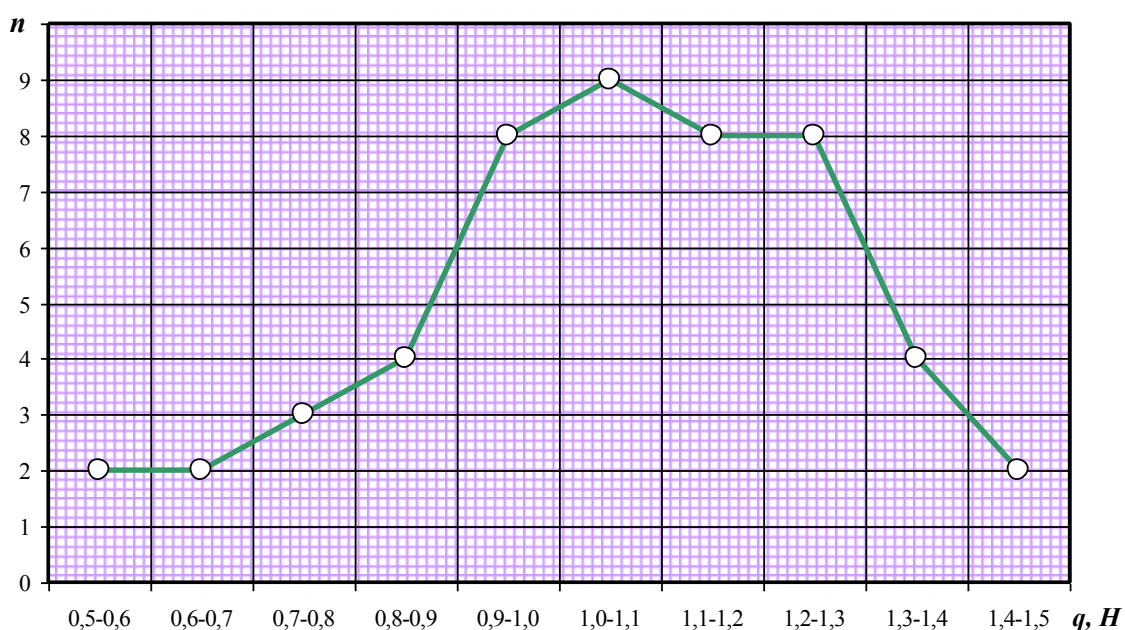


Рисунок 2.6 - Интервальный вариационный ряд распределения усилия отрыва листьев

Гипотеза о нормальном законе распределения подтверждена, так как

$$(\chi^2=10,1) < (\chi^2_{7;0,05}=14,1).$$

Проведена статистическая оценка параметров распределения этой величины. Результаты статистической оценки приведены в таблице 2.5. Значения основных параметров: среднее арифметическое $q_{cp} = 1,05$ Н; дисперсия $\sigma^2 = 0,0498$; стандартное отклонение $\sigma = 0,223$ Н; максимум $q_{max} = 1,42$ Н; минимум $q_{min} = 0,52$ Н.

Таблица 2.5 – Результаты статистического анализа ряда значений
усилия отрыва листьев черники от ветвей q

№ п/п	Наименование показателей	Значение показателей
1	Среднее арифметическое	1,05Н
2	Дисперсия	0,0498
3	Стандартное отклонение	0,223Н
4	Расчетное значение критерия Пирсона	10,103
5	Теоретическое значение критерия Пирсона при $k=7$ и $\alpha=0,05$	14,1
6	Гипотеза о нормальном законе распределения, "да" или "нет"	да
7	Максимум	1,42Н
8	Минимум	0,52Н
9	Медиана	1,07Н
10	Мода	0,98Н

В результате исследований определены основные размерные показатели и физико-механические свойства растений черники: средняя высота растений, средняя толщина плодоносного слоя кустов черники и среднее усилие отрыва листьев от ветвей.

Средняя высота кустов составила $h_{cp} = 219$ мм, максимальная высота $h_{max} = 260$ мм, а плодоносный слой располагается в основном на уровне $2/3$ от поверхности земли. Эти результаты были использованы при обосновании параметров штанги разрабатываемого устройства. Средняя толщина плодоносного слоя кустов $b_{cp} = 62,5$ мм, а максимальная толщина $b_{max} = 110$ мм, послужат основой для обоснования геометрических параметров счесывающего барабана разрабатываемого устройства. Определены также среднее и максимальное значения усилия отрыва листьев черники от ветвей $q_{cp} = 1,05$ Н и $q_{max} = 1,42$ Н.

Полученные результаты использованы при обосновании параметров привода и счесывающего барабана.

2.3 Исследование размеров и физико-механических свойств ягод черники

Исследования проводились в Дигорском ущелье РСО-Алания в окрестностях поселения Мадзаска в августе – сентябре 2012 - 2015 годов при температуре воздуха 17...25° и влажности 40...75%. В этот период черника плодоносит в горах Дигорского ущелья на северных склонах. Для исследований чернику собирали специальным гребенчатым приспособлением. Для сбора ягод отбирали по 10 кустов, расположенных в разных местах плантации. Сбор проводили до полного опустошения кустов. Затем ягоды рассыпали на ровной поверхности и отбирали 5 проб по 10 штук.

Исследуемые параметры ягод черники являются случайными величинами. В данном случае точный закон распределения исследуемых случайных величин неизвестен, т. е. является гипотезой, которая требует статистической проверки. Для проверки гипотезы о законе распределения исследуемых параметров ягод, как случайных величин, принято использовать критерий согласия Пирсона, как наиболее часто употребляемого в подобных случаях. Применение критерия Пирсона допустимо, если объем выборки составляет не менее 30 наблюдений. Учитывая это, для всех исследуемых параметров принято провести по 50 наблюдений.

Измерение размеров ягод осуществлялось с использованием цифрового штангенциркуля ШЦЦ-I в металлическом корпусе с ценой деления 0,01 мм. Сначала плавным движением подвижной измерительной губки уменьшали зазор между губками штангенциркуля до момента удержания ягоды. Затем, также плавно, раздвигали губки до момента выпадения ягод из раствора. Показание штангенциркуля в этот момент принималось за результат измерения. Результаты измерений округлялись до 0,1 мм и фиксировались в таблице.

Усилие отрыва ягод от ветвей измеряли с помощью электронного динамометра растяжения ДОР-0,5-2 с ценой деления 0,01 Н. Для фиксации ягоды на крючке динамометра использовали специально изготовленную вилку с зазором, равным 0,5*d*. Результаты измерений фиксировали в таблице.

Результаты экспериментальных исследований обрабатывались методами математической статистики и теории вероятностей [94-99].

По полученным результатам измерений для каждой исследуемой величины, в виде графика, строился интервальный вариационный ряд ее распределения. Визуально, по характеру графика, выдвигалась гипотеза о предполагаемом законе распределения исследуемой величины (равномерный, нормальный, биномиальный и др.). Сравнение эмпирического и теоретического законов распределений проводилось по критерию согласия Пирсона χ^2 при уровне значимости 0,05 в связи с тем, что теоретические значения параметров функции распределения неизвестны. Выдвинутая гипотеза принималась в том случае, если выполнялось условие

$$\chi^2 < \chi^2_{k;\alpha}, \quad (2.3)$$

где χ^2 – расчетное значение критерия Пирсона;

$\chi^2_{k;\alpha}$ – теоретическое (табличное) значение критерия Пирсона для заданных значений числа степеней свободы k и уровня значимости α .

В противном случае гипотеза отвергалась.

Расчетное значение критерия Пирсона определялось по формуле

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^l \frac{(m_i - np_i)^2}{np_i}, \quad (2.4)$$

где i – порядковый номер интервала;

l – количество интервалов;

m_i – частота попадания случайной величины в интервал под номером i ;

n – число наблюдений;

p_i – вероятность попадания случайной величины в интервал под номером i .

Для удобства расчетов был принят следующий алгоритм определения расчетного значения критерия Пирсона с использованием таблицы.

- в таблицу вносятся значения нижних пределов интервалов x_i , верхних пределов интервалов x_{i+1} и частот m_i ;
- вычисляются значения p_i ;
- вычисляются произведения np_i ;
- вычисляются абсолютные величины по выражению $|m_i - np_i|$;
- вычисляются квадраты этих величин $(m_i - np_i)^2$;
- вычисляются $(m_i - np_i)^2 / np_i$ и их сумма, т. е. расчетное значение критерия Пирсона χ^2 .

Значения p_i вычисляются по формуле

$$p_i = 0.5\Phi\left(\frac{x_{i+1} - \bar{x}}{s}\right) - 0.5\Phi\left(\frac{x_i - \bar{x}}{s}\right), \quad (2.5)$$

где \bar{x} – среднее арифметическое случайных величин;

s – стандартное отклонение выборки случайных величин;

Φ – функция Лапласа (определяется по таблице).

Далее проводился анализ полученных результатов. Параметры, определяемые при статистическом анализе, вычисляются известными методами с использованием компьютера, преимущественно программы EXCEL. При этом определяются среднее арифметическое выборки, дисперсия, стандартное отклонение, максимум, минимум, медиана и мода [94-99].

На рисунке 2.7 изображена схема ягоды черники. Геометрические параметры ягоды характеризуются двумя основными размерами: диаметром d и толщиной t . Толщина ягоды меньше диаметра, в основном за счет выемки в ее нижней части. Оба параметра имеют значение для обоснования параметров рабочего органа устройства, так как от диаметра ягоды зависит расстояние между счесывающими элементами, а с соотношением этих параметров связан коэффициент трения качения ягоды.

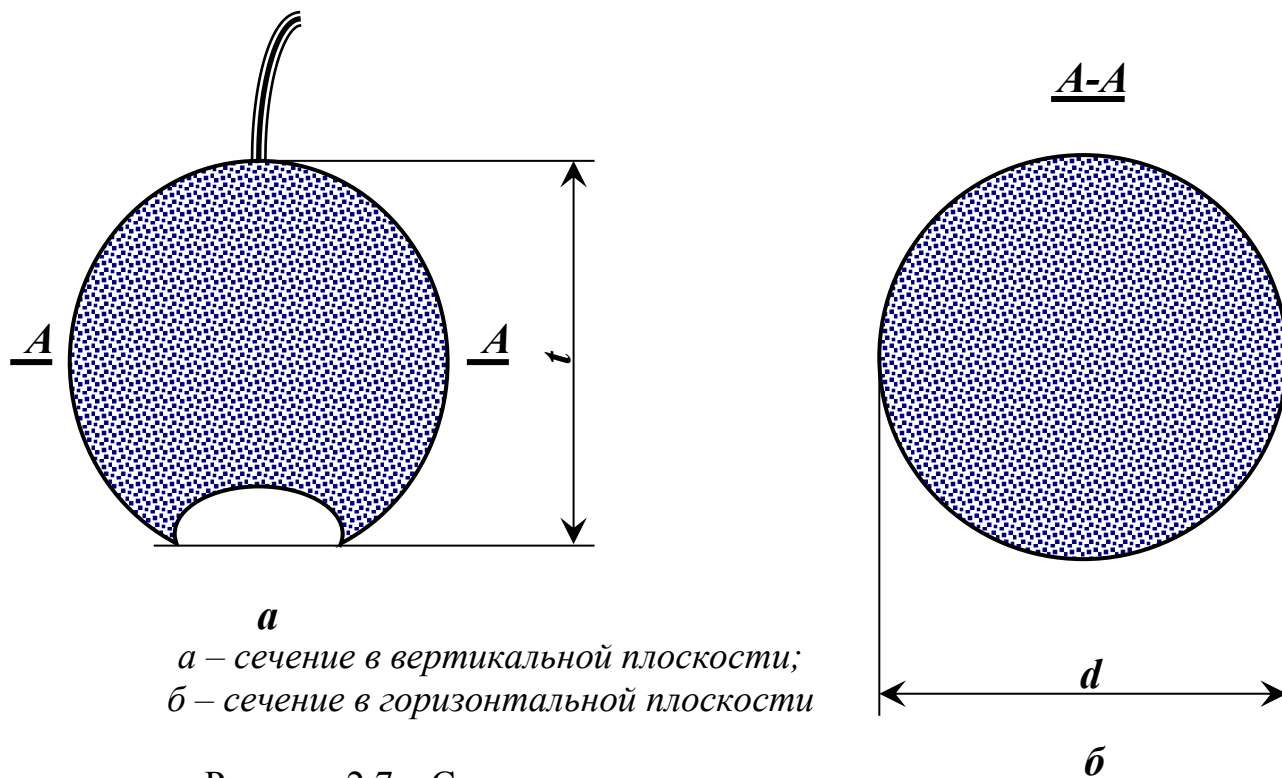


Рисунок 2.7 – Схема ягоды черники

Диаметр ягод. Результаты измерений и промежуточные результаты вычислений для статистического анализа приведены в приложении Г, таблица 5. На основании полученных результатов построен интервальный вариационный ряд, который в виде графика изображен на рисунке 2.8.



Рисунок 2.8 – Интервальный вариационный ряд распределения диаметра ягод черники (**d**)

Визуальный анализ графика позволяет предположить, что диаметр ягод, как случайная величина, подчинен нормальному закону распределения. В соответствии с принятой методикой проверена гипотеза о нормальном законе плотности распределения исследуемой величины. Определение расчетного значения критерия Пирсона для интервального вариационного ряда диаметра ягод приведено в приложении Г, таблица 6. В результате статистической проверки по критерию согласия Пирсона выдвинутая гипотеза подтверждена, так как

$$(\chi^2=2,805) < (\chi_{7;0,05}^2=14,1).$$

С учетом того, что гипотеза о нормальном законе плотности распределения подтвердилась, с помощью программы EXCEL проведена статистическая оценка параметров распределения величины диаметра ягод d_i . Полученные результаты приведены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Результаты статистического анализа ряда значений диаметра ягод черники (d)

№	Наименование показателей	Значение показателей
1	Среднее арифметическое, мм	9,302
2	Дисперсия, мм ²	1,328
3	Стандартное отклонение, мм	1,152
4	Расчетное значение критерия Пирсона	2,805
5	Теоретическое значение критерия Пирсона при $k = 7$ и $\alpha = 0,05$	14,1
6	Гипотеза о нормальном законе распределения, “да” или “нет”	да
7	Максимум, мм	12
8	Минимум, мм	6,7
9	Медиана, мм	9,35
10	Мода, мм	9,8

Основные параметры: среднее арифметическое $d_{cp} = 9,302$ мм; дисперсия $\sigma^2 = 1,328$; стандартное отклонение $\sigma = 1,152$; максимум $d_{max} = 12$ мм; минимум $d_{min} = 6,7$ мм.

Толщина ягод. Аналогичные измерения и расчеты проведены для другого параметра ягоды – ее толщины t . Результаты измерений и промежуточные результаты вычислений для статистического анализа приведены в приложении Г, таблица 7. На основании полученных результатов построен интервальный вариационный ряд в виде графика, который изображен на рисунке 2.9.



Рисунок 2.9 – Интервальный вариационный ряд распределения толщины ягод черники (t)

Форма графика позволяет предположить, что толщина ягод, как случайная величина, подчинена нормальному закону распределения. Проведена проверка этой гипотезы по критерию согласия Пирсона. Расчет значения χ^2 приведен в приложении Г, таблица 4. Выдвинутая гипотеза подтверждена, так как

$$(\chi^2=9,911) < (\chi_{7;0,05}^2=14,1)$$

С учетом того, что гипотеза о нормальном законе плотности распределения подтвердилась, с помощью программы EXCEL проведена статистическая

оценка параметров распределения толщины ягод t_i . Полученные результаты приведены в таблице 2.7.

Основные параметры: среднее арифметическое $t_{cp} = 7,392$ мм; дисперсия $\sigma^2 = 0,952$; стандартное отклонение $\sigma = 0,976$; максимум $t_{max} = 9,6$ мм; минимум $t_{min} = 5,4$ мм.

Таблица 2.7 – Результаты статистического анализа ряда значений толщины ягод черники (t)

№	Наименование показателей	Значение показателей
1	Среднее арифметическое, мм	7,392
2	Дисперсия, мм ²	0,952
3	Стандартное отклонение, мм	0,976
4	Расчетное значение критерия Пирсона	9,911
5	Теоретическое значение критерия Пирсона при $k = 7$ и $\alpha = 0,05$	14,1
6	Гипотеза о нормальном законе распределения, “да” или “нет”	да
7	Максимум, мм	9,6
8	Минимум, мм	5,4
9	Медиана, мм	7,3

Усилие отрыва ягод от ветвей. Результаты измерений усилия отрыва ягод от ветвей f приведены в таблице 8 приложения Г. Рассчитан дискретный вариационный ряд распределения усилия отрыва ягод от ветвей, как случайной величины, который численно задан в этой же таблице. На основе этой таблицы построен вариационный ряд в виде графика. График изображен на рисунке 2.10.



Рисунок 2.10 – Интервальный вариационный ряд распределения усилия отрыва ягод черники (f)

По оси абсцисс отложены интервалы варьирования усилия отрыва ягод, а по оси ординат – соответствующие им (интервалам) частоты значений величины f .

По форме графика можно предположить, что величина f подчинена нормальному закону распределения. По критерию согласия Пирсона проведена проверка этой гипотезы. Расчет χ^2 приведен в приложении Г, таблица 9. Гипотеза подтвердилась, так как

$$(\chi^2=1,47) < (\chi_{7;0,05}^2=14,1).$$

С учетом того, исследуемый параметр распределен по нормальному закону, с помощью программы EXCEL проведена статистическая оценка параметров распределения усилия отрыва ягод f_i . Полученные результаты приведены в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Результаты статистического анализа ряда значений усилия отрыва ягод черники (f)

№	Наименование показателей	Значение показателей
1	Среднее арифметическое, H	0,85
2	Дисперсия	0,034
3	Стандартное отклонение, H	0,185
4	Расчетное значение критерия Пирсона	1,472
5	Теоретическое значение критерия Пирсона при $k = 7$ и $\alpha = 0,05$	14,1
6	Гипотеза о нормальном законе распределения, “да” или “нет”	да
7	Максимум, H	1,21
8	Минимум, H	0,41
9	Медиана, H	0,86
10	Мода, H	0,97

Основные параметры: среднее арифметическое $f_{cp} = 0,85$ Н; дисперсия $\sigma^2 = 0,034$; стандартное отклонение $\sigma = 0,185$; максимум $f_{max} = 1,21$ Н; минимум $f_{min} = 0,41$ Н.

В результате исследований определены основные размерные показатели и физико-механические свойства ягод черники: средний диаметр ягод, средняя толщина ягод и среднее усилие отрыва ягод от ветвей.

2.4 Выводы

1. Суммарная площадь плодоносящих зарослей черники в РСО-Алания составляет 249,5 га или 23,8% от площади всех выявленных зарослей черники. Биологическая урожайность черники колеблется от 250 кг/га до 800 кг/га, при этом ресурсы вида составляют 69 тонн ягод в год.

2. Средняя высота кустов черники составила $h_{cp} = 219$ мм, а максимальная высота - $h_{max} = 260$ мм. При этом плодоносный слой располагается в основном на уровне $2/3$ от поверхности земли. Средняя толщина плодоносного слоя кустов $b_{cp} = 62,5$ мм, а ее максимальная толщина - $b_{max} = 110$ мм. Определены также среднее и максимальное значения усилия отрыва листьев черники от ветвей $q_{cp} = 1,05$ Н и $q_{max} = 1,42$ Н.

3. Средний диаметр ягод составил $d_{cp} = 9,3$ мм, а максимальный - $d_{max} = 12$ мм. Средняя толщина ягод составила $t_{cp} = 7,39$ мм, а максимальная - $t_{max} = 9,6$ мм. Определены также средние и максимальные значения усилия отрыва ягод черники от ветвей $f_{cp} = 0,85$ Н и $f_{max} = 1,21$ Н.

Полученные результаты исследования использованы при обосновании параметров привода и счесывающего барабана.

3. ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕОРИЯ ПРОЦЕССА МЕХАНИЗИРОВАННОГО СБОРА ЯГОД

3.1 Кинематическое исследование механизма устройства для съема и подачи ягод в емкость

Технология сбора ягод механизированным устройством предусматривает съем плодов и их подачу в бункер (емкость), который органично является частью всего устройства [81,100].

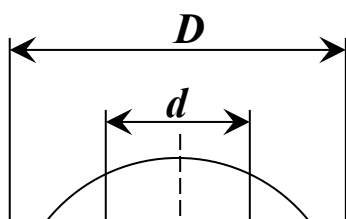
При обосновании геометрических параметров узлов и рабочих органов устройства для сбора ягод необходимо знать, как взаимодействуют рабочие органы со стебельной массой черники. Для этого надо провести кинематические исследования устройства для съема и подачи ягод, (счесывающего барабана) в емкость (бункер) [101].

На рисунке 3.1 изображена схема взаимодействия счесывающего барабана устройства для сбора ягод со стебельной массой черники. Плодоносная часть 1 с ягодами 2, стебельной массы 3 образует слой толщиной, равной b . Траектории концов счесывающих элементов 4 (показан один элемент) на рисунке обозначены окружностью диаметром, равным D , а траектории оснований – окружностью диаметром d . Счесывающий барабан вращается против часовой стрелки с угловой скоростью ω , и одновременно перемещается по прямой слева направо с поступательной скоростью V . Геометрические параметры счесывающего барабана должны быть такими, чтобы выполнялось условие

$$D - d \geq b. \quad (3.1)$$

При этом счесывающие элементы целиком внедряются в плодоносный слой стебельной массы.

На рисунке 3.2 изображена расчетная схема для исследования кинематики счесывающего барабана устройства для сбора ягод.



1 – плодоносный слой; 2 – ягоды; 3 – стебельная масса;
4 – счесывающий элемент

Рисунок 3.1 – Схема взаимодействия счесывающего барабана устройства для сбора ягод со стебельной массой черники:

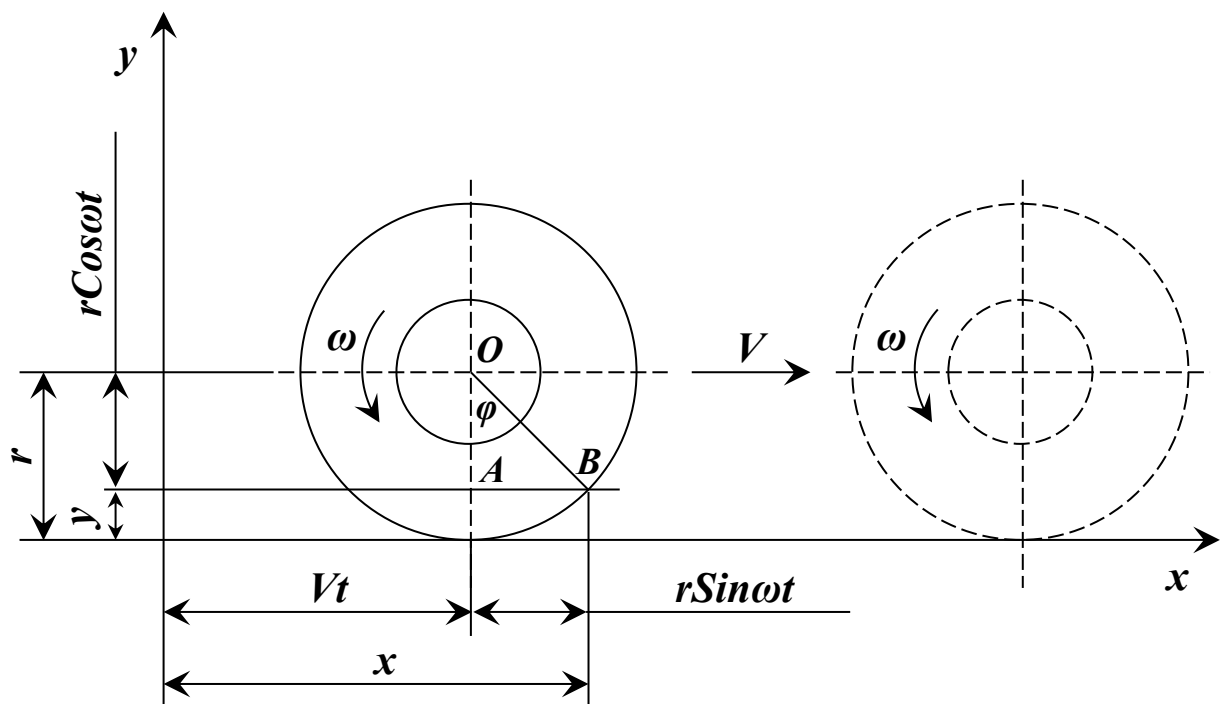


Рисунок 3.2 – Расчетная схема для исследования кинематики счесывающего барабана устройства для сбора ягод

За некоторый промежуток времени t счесывающий барабан проходит путь, равный [102-104]

$$S = Vt . \quad (3.2)$$

За тот же промежуток времени счесывающий барабан поворачивается на угол

$$\varphi = \omega t . \quad (3.3)$$

Из треугольника OAB :

$$AB = r \sin \varphi ; \quad (3.4)$$

$$OA = r \cos \varphi . \quad (3.5)$$

Координаты точки B :

$$x = S + AB ; \quad (3.6)$$

$$y = r - OA . \quad (3.7)$$

С учетом (3.2)...(3.5) формулы (3.6) и (3.7) принимают вид:

$$x = Vt + r \sin \omega t ; \quad (3.8)$$

$$y = r - r \cos \omega t . \quad (3.9)$$

Полученные формулы (3.8) и (3.9) являются параметрическими уравнениями траектории движения точки, фиксированной на конце счесывающего элемента барабана, в данном случае точки B . Судя по уравнениям (3.8) и (3.9) кривая, описываемая указанной точкой, является разновидностью циклоиды.

Проделав аналогичные расчеты, получены параметрические уравнения траектории движения и для условной точки, фиксированной на основании счесывающего элемента

$$x = Vt + (r - b) \sin \omega t ; \quad (3.10)$$

$$y = r - (r - b) \cos \omega t . \quad (3.11)$$

Эти уравнения также представляют кривую, которая является разновидностью циклоиды.

Продифференцировав уравнения (3.8)...(3.11) получены параметрические уравнения скоростей характерных точек [105]:

– для точек на конце счесывающего элемента

$$V_x = V + \omega r \cos \omega t ; \quad (3.12)$$

$$V_y = \omega r \sin \omega t. \quad (3.13)$$

– для точек на основании счесывающего элемента

$$V_x = V + \omega(r - b) \cos \omega t ; \quad (3.14)$$

$$V_y = \omega(r - b) \sin \omega t. \quad (3.15)$$

Параметрические уравнения ускорений характерных точек, полученные дифференцированием уравнений (3.12)... (3.15):

– для точек на конце счесывающего элемента

$$a_x = -r\omega^2 \sin \omega t; \quad (3.16)$$

$$a_y = r\omega^2 \cos \omega t. \quad (3.17)$$

– для точек на основании счесывающего элемента

$$a_x = -\omega^2(r - b) \sin \omega t; \quad (3.18)$$

$$a_y = \omega^2(r - b) \cos \omega t. \quad (3.19)$$

Согласно результатам предварительных поисковых опытов определили примерные параметры и режим рабочего процесса устройства.

При $V = 0,36$ м/с, $\omega = 0,5$ рад/с, $r = 0,2$ м и $b = 0,06$ м уравнения (3.8)...(3.11) принимают вид

– для точек на конце счесывающего элемента

$$x = 0,36t + 0,2 \sin 0,5t; \quad (3.20)$$

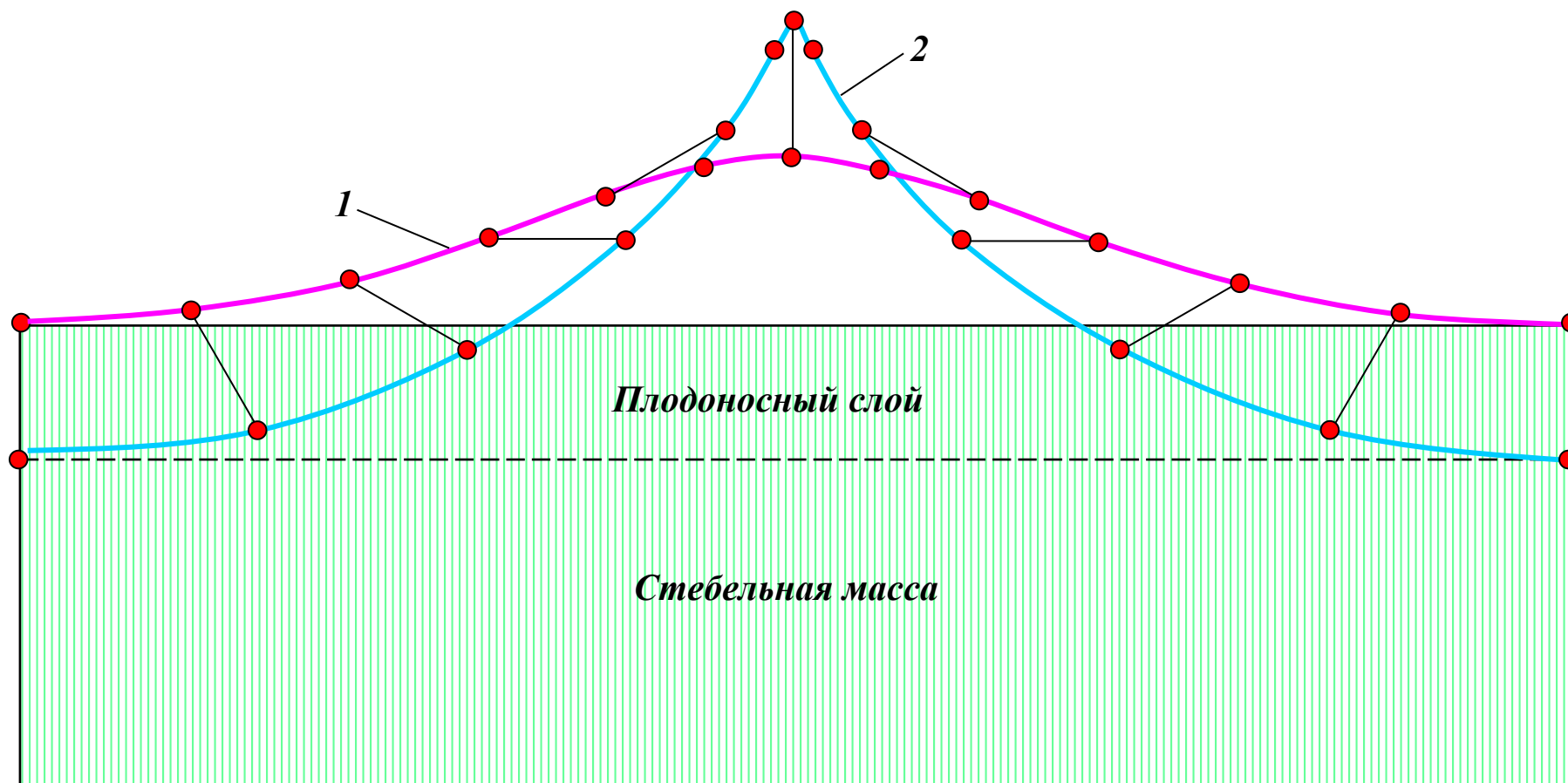
$$y = 0,2(1 - \cos 0,5t). \quad (3.21)$$

– для точек на основании счесывающего элемента

$$x = 0,36t + 0,14 \sin 0,5t ; \quad (3.22)$$

$$y = 0,2 - 0,14 \cos 0,5t. \quad (3.23)$$

По уравнениям (3.20)...(3.23) построены графики траекторий характерных точек счесывающего элемента. Графики изображены на рисунке 3.3.



1 – график траектории точек основания счесывающего элемента; 2 – график траектории точек конца счесывающего элемента

Рисунок 3.3 – Графики траекторий характерных точек счесывающего элемента:

Таким образом, получены параметрические уравнения траектории движения характерных точек счесывающего элемента – его конца и основания, получены также их уравнения скоростей и ускорений.

По полученным уравнениям установлено, что характер траектории движения характерных точек счесывающего элемента представляет собой разновидность циклоиды. На основе полученных уравнений построены графики траекторий характерных точек, которые подтверждают, что эти траектории характерных точек счесывающего элемента действительно являются разновидностью циклоиды [107-109].

3.2 Обоснование конструктивно-технологических параметров устройства

В этом подразделе проведено теоретическое обоснование следующих основных конструктивно-технологических параметров разрабатываемого устройства для сбора ягод [106]:

- скорость вращения рабочих органов;
- поступательная скорость устройства;
- высота счесывающих элементов (прутков);
- радиус бункера;
- угловая скорость барабана;
- ширина захвата;
- размеры люка бункера;
- зазор между прутками;
- шаг прутков;
- форма прутков.

Рабочий процесс разрабатываемого устройства в значительной степени зависит от частоты вращения барабана и поступательной скорости самого устройства, так как из этих составляющих складывается абсолютная скорость счесывающих элементов – прутков. При увеличении скорости рабочего органа

устройства, гребенки, повышается травмируемость собираемых ягод. С другой стороны, при уменьшении скорости гребенки снижается производительность сбора ягод. Можно положиться на опыт и сноровку сборщика с многолетним опытом и принять за основу рабочую скорость ковша в качестве оптимальной. Для обоснования оптимальных значений вертикальной и горизонтальной составляющих скорости гребенки разрабатываемого устройства была проведена видеосъемка процесса сбора ягод черники опытным сборщиком с помощью специального ручного ковша, конструкция которого описана в подразделе 3.1 настоящей работы.

Анализ видеосъемки показал неравномерность горизонтальной и вертикальной составляющих скорости, что очевидно. Однако, установлено, что максимальное значение горизонтальной составляющей гребенки ковша находится в пределах $0,09 \dots 0,21$ м/с, а вертикальной составляющей $0,16 \dots 0,31$ м/с. Для дальнейших исследований приняты их средние значения $V_{xmax} = 0,15$ м/с, $V_{ymax} = 0,24$ м/с. В соответствии с этими параметрами для конца гребенки экспериментального образца устройства принято:

- рациональная линейная скорость вершины гребенки $V_v = 0,24$ м/с;
- рациональная поступательная скорость $V_n = 0,15$ м/с.

От величины вертикальной составляющей скорости вершины гребенки зависит степень сжатия растительной массы в вертикальном направлении. С повышением степени сжатия растительной массы снижается качество работы устройства для сбора ягод. При неизменных величинах V_v и V_n вертикальная составляющая вершин гребенок в момент вхождения их в растительную массу степень сжатия растительной массы зависит от радиуса бункера r_b [107,108].

Для обоснования рационального значения радиуса бункера составлена расчетная схема, которая изображена на рисунке 3.4. Значения внутреннего диаметра счесывающего барабана и диаметра бункера можно приравнять, так как они отличаются зазором между ними, величиной которого при расчетах можно пренебречь.

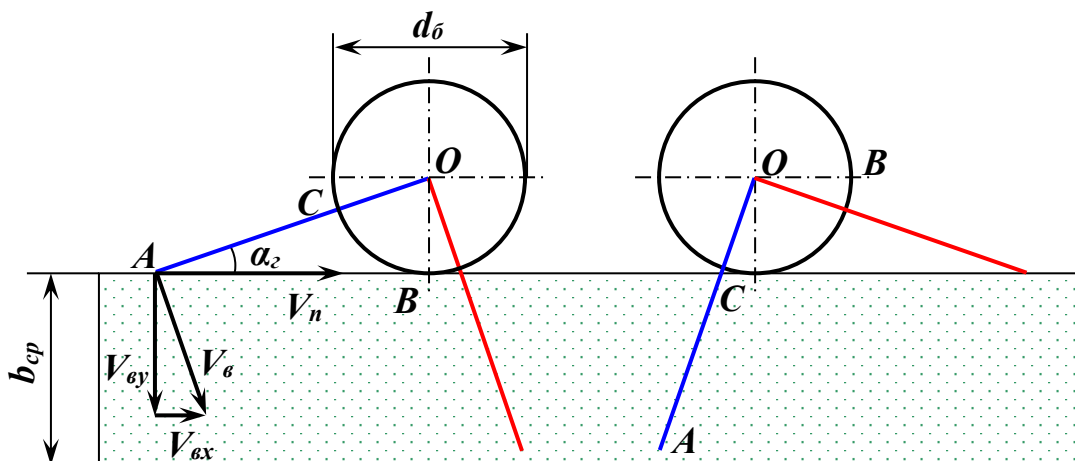


Рисунок 3.4 – Расчетная схема к обоснованию оптимального значения радиуса бункера

Таким образом, на расчетной схеме обозначены следующие параметры:

- радиус бункера $r_{\delta} = OC$;
- высота прутков $l_c = AC$;
- толщина плодоносного слоя растений b_{cp} ;
- угол вхождения прутка в растительную массу α_2 ;
- поступательная скорость счесывающего барабана V_n ;
- линейная скорость конца гребенки V_e и ее составляющие V_{ex} и V_{ey} .

Прутки гребенки должны взаимодействовать только с плодоносным слоем растений, поэтому рациональная высота их должна быть равна толщине плодоносного слоя, т.е.

$$l_c = b_{cp}$$

Из расчетной схемы [100,110]

$$\sin \alpha = \frac{r_{\delta}}{r_{\delta} + b_{cp}}$$

Откуда

$$\alpha = \text{arcSin} \left(\frac{r_{\bar{o}}}{r_{\bar{o}} + b_{cp}} \right). \quad (3.24)$$

Вертикальная и горизонтальная составляющие скорости вершины гребенки.

$$V_y = V_e \text{Cos} \alpha = V_e \text{Cos} \left[\text{arcSin} \left(\frac{r_{\bar{o}}}{r_{\bar{o}} + b_{cp}} \right) \right], \text{ м/с}; \quad (3.25)$$

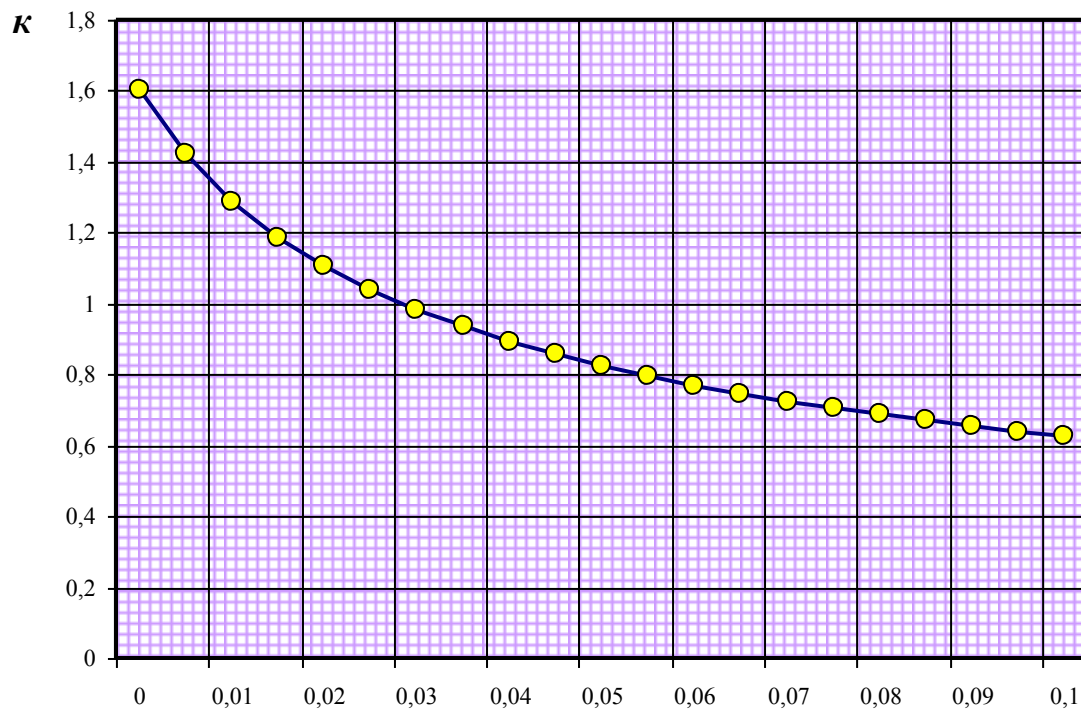
$$V_x = V_e \text{Sin} \alpha + V_n = V_e \frac{r_{\bar{o}}}{r_{\bar{o}} + b_{cp}} + V_n, \text{ м/с}; \quad (3.26)$$

Отношение вертикальной составляющей скорости к горизонтальной составляющей (скоростной коэффициент)

$$\kappa = \frac{V_y}{V_x} = \frac{V_e \text{Cos} \left[\text{arcSin} \left(\frac{r_{\bar{o}}}{r_{\bar{o}} + b_{cp}} \right) \right]}{V_e \frac{r_{\bar{o}}}{r_{\bar{o}} + b_{cp}} + V_n} \quad (3.27)$$

Коэффициент κ косвенно характеризует величину вертикальной составляющей скорости вершины гребенки и степень сжатия растительной массы в вертикальном направлении. В формулу (3.27) вставлены значения известных величин V_e , b_{cp} и V_n , в результате получено следующее выражение

$$\kappa = \frac{0,24 \text{Cos} \left[\text{arcSin} \left(\frac{r_{\bar{o}}}{r_{\bar{o}} + 0,06} \right) \right]}{0,24 \frac{r_{\bar{o}}}{r_{\bar{o}} + 0,06} + 0,15} \quad (3.28)$$



$r_0, \text{ м}$

Рисунок 3.5 – График зависимости скоростного коэффициента k от радиуса барабана r_0

Формула (3.28) представляет собой зависимость коэффициента κ от радиуса бункера r_b . На основании формулы (3.28) построен график, который изображен на рисунке 3.5. Из графика видно, что с увеличением радиуса бункера коэффициент κ вначале экспоненциально уменьшается, а затем функция плавно приближается к линейной. Переход заметен в интервале $r_b = 0,05 \dots 0,07$ м. Дальнейшее увеличение радиуса бункера способствует уменьшению коэффициента κ в меньшей степени, причем бункер при этом неоправданно увеличивается в диаметре, а с диаметром бункера связаны габаритные размеры всего устройства. В связи с этим решено, для экспериментального образца разрабатываемого устройства рациональный радиус бункера принять равным $r_b = 0,06$ м.

Угловая частота вращения барабана равна

$$\omega_b = \frac{V_b}{r_b}, \text{ рад/с} \quad (3.29)$$

С учетом принятых значений V_b и r_b из формулы (3.29) угловая скорость барабана $\omega_b = 3,4 \dots 4,7$ рад/с.

Ширина захвата устройства и ширина бункера равны между собой.

$$b_b = B$$

Это связано с конструктивными особенностями устройства. С шириной захвата прямо пропорционально связана производительность устройства, однако с увеличением ширины захвата увеличивается и мощность привода, что приводит к увеличению массы устройства. Оптимальная ширина захвата может быть обоснована в результате экспериментальных исследований, а для экспериментального образца ширина захвата принята по аналогии с ручным ковшом $B = 120$ мм.

На рисунке 3.6 изображена схема бункера, из которой видно, что с увеличением угла β увеличивается длина продольной стороны люка a_b . Длина другой стороны b_b неизменна, поэтому возрастет и площадь люка s_l . Чем больше люк, тем больше вероятность попадания в него ягод, скатывающихся

с гребенок. Однако увеличение размеров люка приводит к уменьшению объема бункера.

Согласно схеме

$$\sin\beta = \frac{0,5a_{\delta}}{r_{\delta}}; \quad 0 < \beta < \frac{\pi}{2}; \quad (3.30)$$

Откуда

$$a_{\delta} = \frac{r_{\delta} \sin\beta}{0,5}, \text{ м} \quad (3.31)$$

Учитывая выражение (3.31), площадь люка равна

$$s_{\text{л}} = a_{\delta} b_{\delta} = \frac{b_{\delta} r_{\delta} \sin\beta}{0,5}, \text{ м}^2$$

После подстановки значений b_{δ} и r_{δ} последнее равенство принимает вид

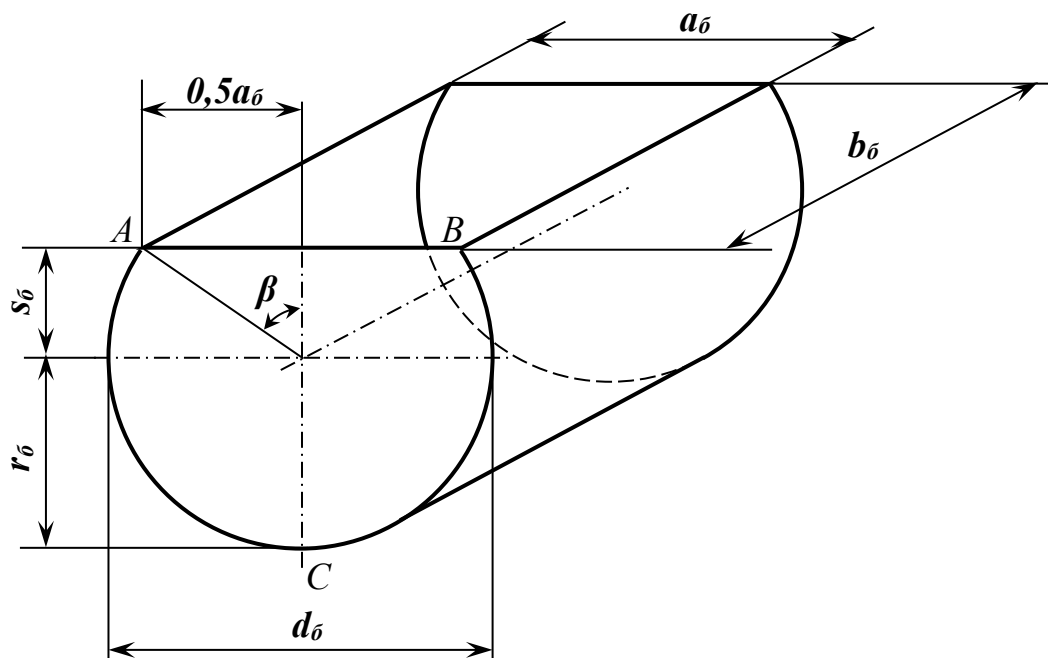


Рисунок 3.6 – Схема бункера

$$s_{\text{л}} = 0,0144 \sin\beta, \text{ м}^2 \quad (3.32)$$

Объем бункера определяется произведением площади сегмента ABC и ширины бункера b_0 . Однако характер зависимости объема бункера от угла β можно анализировать по зависимости площади сегмента ABC от того же угла. Из расчетной схемы (рисунок 3.6) площадь сегмента ABC равна [102,103,110].

$$s_c = \pi r_0^2 - \frac{r_0^2}{2} (2\beta - \sin 2\beta), \text{ м}^2 \quad (3.33)$$

После подстановки известных величин равенство (3.33) принимает вид

$$s_c = 0,0113 - 0,0018(2\beta - \sin 2\beta), \text{ м}^2 \quad (3.34)$$

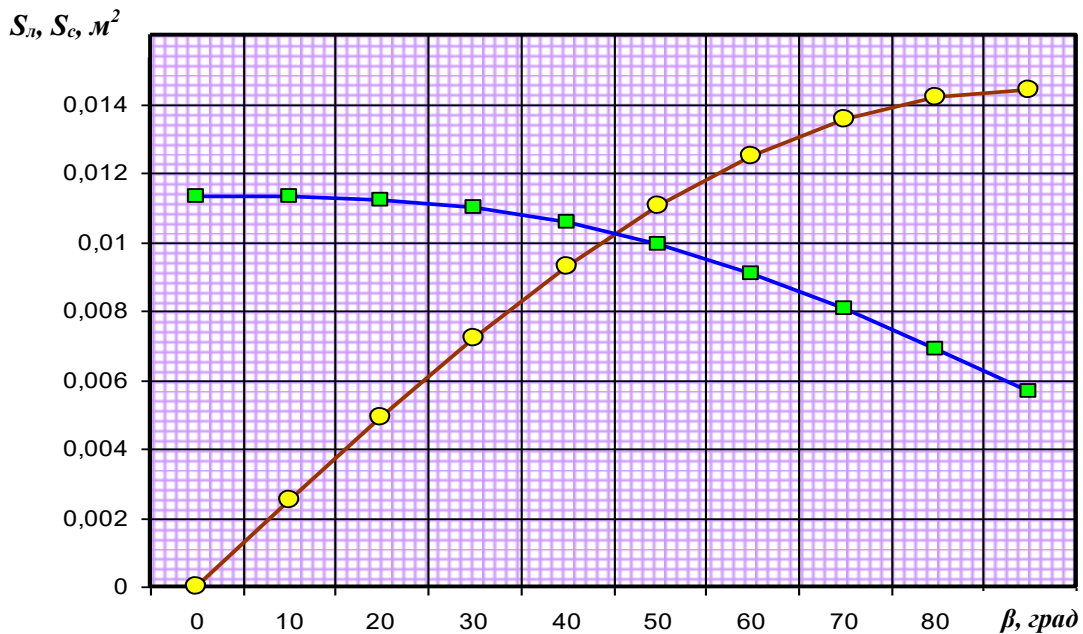


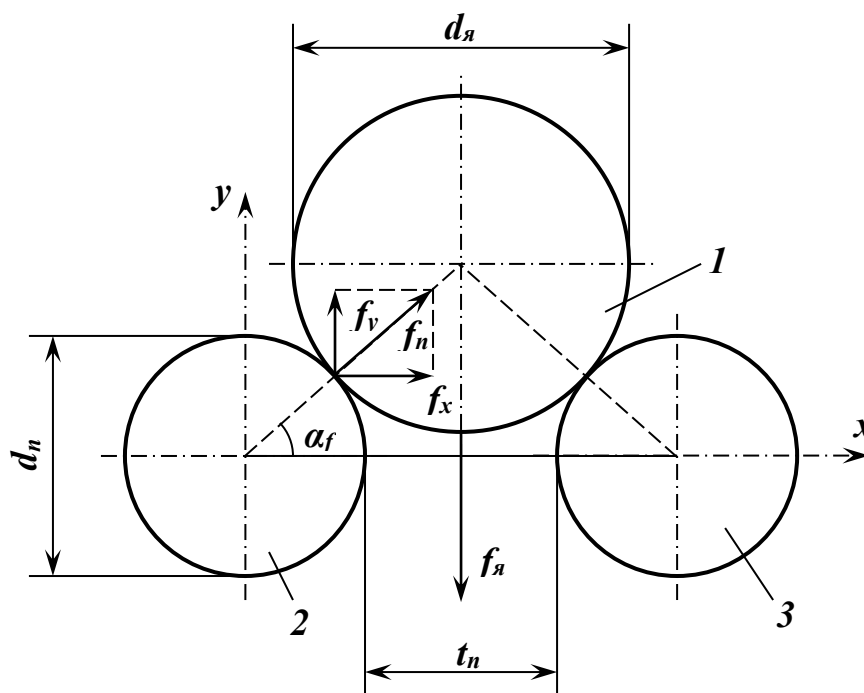
Рисунок 3.7 – Графики зависимости площади люка s_l и площади сегмента ABC s_c от угла β :

- площадь люка s_l ;
- площадь сегмента s_c .

По уравнениям (3.32) и (3.34) построены совмещенные графики зависимости площади люка s_l и площади сегмента ABC s_c от угла β . Графики изображены на рисунке 3.7. Из графиков видно, что при изменении угла β от 0° до 90° площадь люка вначале резко возрастает, затем интенсивность возрастания снижается. При этом площадь сегмента (а значит и объема бункера) вначале не меняется, а затем плавно переходит в снижение. Графики пересекаются в точке, которая соответствует значению угла $\beta = 45^\circ$. Это значение угла β принято за оптимальное с точки зрения «компромисса» между двумя противоречивыми величинами – объемом бункера и площадью люка. По формуле (3.31), с учетом принятого угла β вычислен рациональный продольный размер люка $a_6 = 0,085$ м.

Диаметр прутков для разрабатываемого образца устройства для сбора ягод, по аналогии с ручными ковшами, принят равным $d_n = 3$ мм.

От зазора между прутками зависит сдавливающая сила – нормальная сила воздействия прутка на ягоду в момент отрыва ее от плодоножки. Для определения рациональной величины межпруткового зазора составлена расчетная схема, которая изображена на рисунке 3.8.



1 – ягода; 2, 3 – прутки

Рисунок 3.8 – Расчетная схема к обоснованию рациональной величины

зазора между прутками счесывающей гребенки:

Из расчетной схемы нормальная сила, действующая со стороны прутка на ягоду, равна

$$f_n = \frac{0,5 f_{cp}}{\cos \alpha_f} \text{ Н}, \quad (3.35)$$

где f_{cp} – средняя величина силы отрыва ягоды от плодоножки, Н;

α_f – угол между нормальной силой и осью x , град.

В данном случае при моделировании не учтены сила трения и упругость ягоды, как несущественные силы.

Угол α_f определяется по формуле

$$\alpha_f = \arcsin \left(\frac{d_n + t_n}{d_n + d_{я}} \right) \text{ град}, \quad (3.36)$$

где d_n – диаметр прутка, м;

t_n – межпрутковый зазор, м;

$d_{я}$ – диаметр ягоды, м.

Подставив значение α_f из (3.36) формулу (3.35), получено

$$f_n = \frac{0,5 f_{cp}}{\cos \left[\arcsin \left(\frac{d_n + t_n}{d_n + d_{я}} \right) \right]}, \text{ Н}. \quad (3.37)$$

После подстановки известных величин формула (13) принимает вид

$$f_n = \frac{0,425}{\cos \left[\arcsin \left(\frac{3 + t_n}{10,5} \right) \right]}, \text{ Н}. \quad (3.38)$$

Средний диаметр ягоды $d_{cp} = 9,3$ мм определен в главе 2 настоящей работы. Однако, если в формулу (3.37) подставить это значение, то полученная в дальнейшем обоснованная величина t_n не будет оптимальной для ягод с диа-

метром меньшим, чем d_{cp} . Поэтому для формулы (3.38) использовано минимальное значение диаметра ягоды после отброса значений нижнего интервала, число которых составляет менее 4% от всей выборки.

На основании формулы (3.38) построен график зависимости нормальной (сдавливающей) силы f_n от межпруткового зазора t_n , который изображен на рисунке 3.9.

Из графика видно, что с увеличением межпруткового зазора нормальная сила вначале умеренно увеличивается, а затем экспоненциально возрастает. Переход заметен в интервале $t_n=2,0 \dots 4,0$ мм. Для экспериментального образца разрабатываемого устройства принято $t_n = 3$ мм. Шаг прутков $z_n = d_n + t_n = 6$ мм.

Обоснование формы прутка. На рисунке 3.10 изображена расчетная схема, на которой в масштабе построены векторы поступательного и вращательного скоростей V_n и V_θ , а также их результирующая V_2 . При вхождении вершины прутка в плодоносный слой, в зависимости от угла атаки, прутки могут отклонять от себя растения в горизонтальном направлении, может

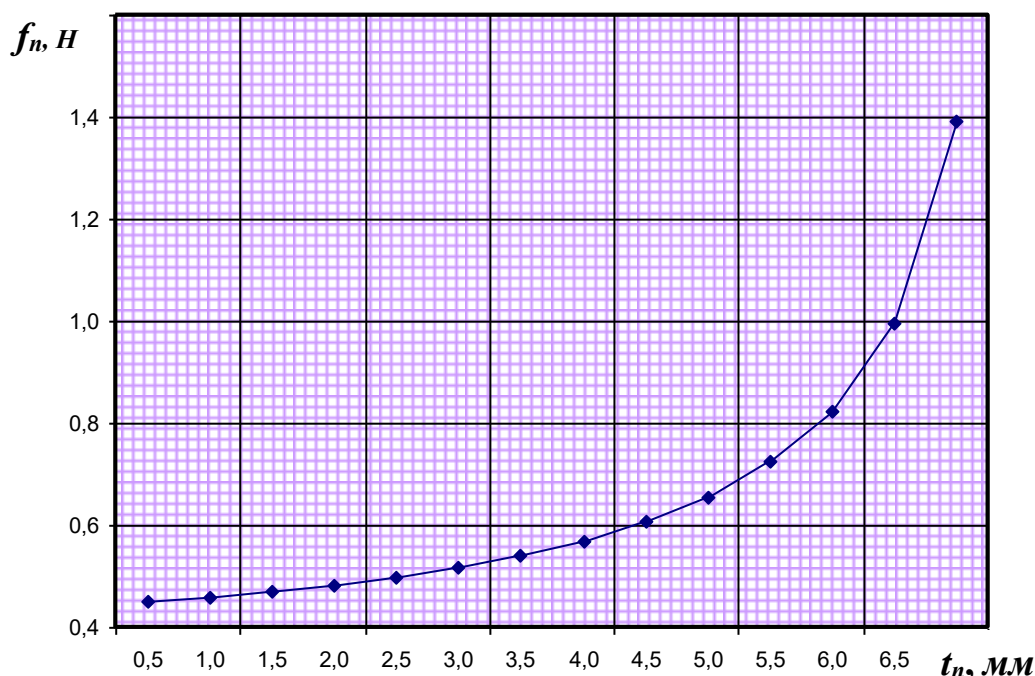
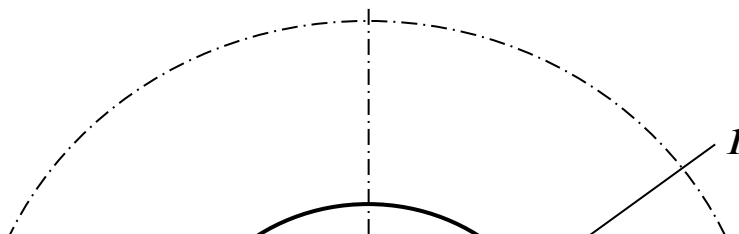


Рисунок 3.9 – График зависимости нормальной (сдавливающей) силы f_n , действующей на ягоду со стороны прутка, от межпруткового зазора t_n



1 – барабан; 2 – пруток

Рисунок 3.10 – Расчетная схема к обоснованию формы счесывающего прутка устройства для сбора ягод:

захватывать их, а может не воздействовать на них. Для большей полноты сбора ягод необходимо, чтобы при вхождении в плодоносный слой и при дальнейшем движении прутки захватывали растения. Это требование выполняется, если соблюдается условие

$$\alpha_n > 0, \quad (3.39)$$

где α_n – угол между перпендикуляром AB к вектору V_2 и касательной CD к вершине прутка MN .

Для экспериментального образца устройства принято $\alpha_n = 15^\circ$.

Для того, чтобы ягоды удерживались на гребенках, прутки должны быть вогнуты в направлении вращения барабана. Из конструктивно-технологических соображений для экспериментального образца устройства радиус кривизны прутков принят равным $r_n = 100$ мм. При необходимости параметры α_n и r_n могут быть уточнены в результате экспериментальных исследований. Число гребенок на барабане принято равным трем.

В результате теоретических исследований получены математические формулы зависимостей:

– отношения вертикальной составляющей скорости вершины прутка гребенки к ее горизонтальной составляющей (скоростного коэффициента) от радиуса бункера;

– площади поперечного сечения бункера от центрального угла, образуемого продольным размером бункера;

– площади люка бункера от центрального угла, образуемого продольным размером бункера;

– нормальной (сдавливающей) силы, действующей на ягоду, от межпруткового зазора.

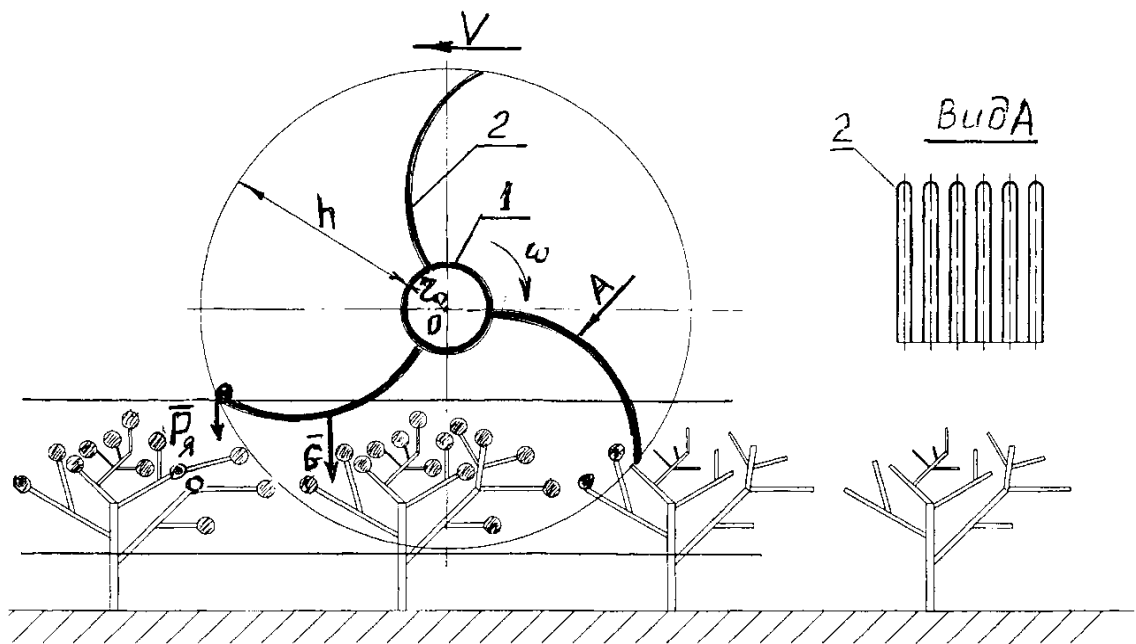
По полученным формулам построены графики, в результате анализа которых найдены рациональные значения: радиус бункера $r_b = 0,06$ м; размеры люка бункера $a_b = 0,085$ м, $b_b = 0,12$ м; межпрутковый зазор $t_n = 3$ мм, шаг прутков $z = 6$ мм.

Обоснованы также следующие параметры устройства: линейная скорость вершин рабочих органов $V_v = 0,24$ м/с; поступательная скорость устройства $V_n = 0,15$ м/с; высота (длина) прутков $h = 0,06$ м; угловая скорость вращения барабана $\omega_b = 3,4 \dots 4,7$ рад/с.

Результаты исследований использованы при проектировании и изготовлении экспериментального образца устройства.

3.3 Определение потребной мощности привода устройства

При сборе ягод механизированным устройством затраты мощности на его привод в основном складываются из мощностей, затрачиваемых на: отрыв ягод от ветвей; отрыв листьев от ветвей; преодоление сопротивления стеблевой массы; перемещение ягод к бункеру (рисунок 3.11).



1- барабан; 2- гребенка (пруток)

Рисунок 3.11 – Схема к определению потребной мощности привода устройства:

Энергетический баланс рабочего процесса можно определить по формуле (3.40)

$$N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4, \quad \text{Вт}, \quad (3.40)$$

где N – мощность, затрачиваемая на выполнение рабочего процесса, Вт;

N_1 – мощность, затрачиваемая на отрыв ягод от стеблей, Вт;

N_2 – мощность, затрачиваемая на отрыв листьев от стеблей, Вт;

N_3 – мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления стебельной массы, Вт;

N_4 – мощность, затрачиваемая на перемещение ягод к бункеру, Вт.

Мощность, развиваемая на барабане устройства, в первую очередь, зависит от усилий отрыва ягод и листьев, и она должна быть:

$$N_1 + N_2 = (mP_1 + kP_2) \cdot \lim_{r_0} [R_i]^{(h+r_0)} \cdot \omega, \quad \text{Вт}, \quad (3.41)$$

где P_1, P_2 – усилия отрыва ягод и листьев от стеблей, Н;
 m, k – число оторванных ягод и листьев от стеблей;
 ω – угловая скорость вращения счесывающих гребенок, рад/с;
 R_i – радиус вращения гребенок, м.

Учитывая, что $\omega = \frac{\pi n}{30}$, где n – число оборотов счесывающего барабана (об/мин), а радиус $R_{max} = h + r_0$, где h – высота гребенки (прутка), r_0 – радиус основания счесывающего барабана, формула (3.41) преобразуется

$$N_1 + N_2 = (mP_1 + kP_2) \cdot \frac{\pi}{30} \lim [R_i]_{r_0}^{(h+r_0)}, \text{ Вт.} \quad (3.42)$$

Мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления стебельной массы:

$$N_3 = F_{mp} \lim [R_i]_{r_0}^{(h+r_0)} \cdot \omega, \text{ Вт} \quad (3.43)$$

где F_{mp} – сила трения счесывающих гребенок о стебельную массу, Н.

Она, примерно, равна

$$F_{mp} = f \cdot P_2, \text{ Н}, \quad (3.44)$$

где f – коэффициент трения стебельной массы о гребенки счесывающего барабана.

Мощность, затрачиваемая на перемещение ягод к бункеру (рисунок 3.11)

$$N_4 = (m \cdot P_я + c \cdot G) \cdot \lim [R_i]_{r_0}^{(h+r_0)} \cdot \omega, \text{ Вт} \quad (3.45)$$

где $P_я$ – вес ягод находящихся на одной гребенке, Н;

$$(P_я = m \cdot G_я, \text{ где } G_я, - \text{ вес одной ягоды}).$$

G – вес одной гребенки, Н;

c – число гребенок.

С учетом формул (3.41), (3.43) и (3.45) формула (3.40) преобразуется

$$N = \frac{\pi n}{30} \lim [R_i]_{r_0}^{(h+r_0)} [m \cdot P_1 + (k + f) P_2 + mP_2 + c \cdot G], \text{ Вт.} \quad (3.46)$$

При расчете потребной мощности устройства приняли следующие допущения: за каждый оборот барабана счесывающие гребенки (прутки) отрывают ягоды в один полный ряд, а также листья по числу прутков; ягоды и листья отрываются на максимальном удалении от центра вращения барабана, то есть $lim[R_i] = h+r_o$, так как при этом требуется максимальный крутящий момент.

Исходными данными для расчета были приняты следующие величины, которые являются предельно (максимально) возможными: число оборотов счесывающего барабана $n = 60$ об/мин; радиус основания барабана $r_o = 0,06$ м; высота прутка $h = 0,06$ м; число рабочих зазоров прутков $m = k = 5$; усилие отрыва ягод $P_1 = 1,21$ Н; усилие отрыва листьев $P_2 = 1,42$ Н; коэффициент трения стебельной массы о прутки счесывающего барабана $f = 0,2$; вес одной ягоды $G_y = 7,5 \cdot 10^{-3}$ Н; число гребенок $c = 3$; вес одной гребенки $G = 36 \cdot 10^{-2}$ Н.

В результате расчета получена величина мощности, необходимая на выполнение рабочего процесса сбора ягод $N = 13,2$ Вт.

При этом потребная мощность на привод устройства составит

$$N_n = \frac{N}{\eta_{\varepsilon} \cdot \eta_m}, \text{ Вт} \quad (3.47)$$

где η_{ε} – КПД электродвигателя постоянного тока малой мощности,

$$(\eta_{\varepsilon} = 0,4 - 0,6);$$

η_m – КПД червячного редуктора ($\eta_m = 0,95$).

Тогда, согласно (3,47) $N_n = 1,75$ Н.

В результате получили потребную мощность на привод устройства, обеспечивающую его рабочий процесс $N_n = 23,1$ Вт.

В структуре затрат мощности на рабочий процесс около 90% занимают затраты мощности на отрыв ягод и листьев, менее 10% мощности тратится на преодоление сопротивления движению счесывающего барабана в плодоносном слое растений.

Следует отметить, что из-за низкого коэффициента полезного действия коллекторных двигателей постоянного тока малой мощности ($\eta_{\varepsilon} = 0,4-0,6$) потери мощности на привод устройства существенно высоки, около 50%.

В связи с этим, для снижения энергоемкости процесса следует подбирать экономичный электродвигатель постоянного тока малой мощности, например, с магнитами повышенной напряженности.

3.4 Выводы

1. В результате кинематических исследований получены параметрические уравнения траектории движения характерных точек счесывающего элемента – его конца и основания, а также уравнения их скоростей и ускорений на основе, которых построены графики траекторий движения характерных точек барабана. Они подтверждают, что траектории движения счесывающих элементов являются разновидностью циклоиды.

2. Получены зависимости отношения вертикальной составляющей скорости вершины прутка гребенки к ее горизонтальной составляющей (скоростного коэффициента) от радиуса бункера; определены зависимости площади поперечного сечения бункера от центрального угла, а также площади люка бункера от центрального угла, образуемых продольным размером бункера; установлена зависимость нормальной (сдавливающей) силы, действующей на ягоду, при ее прохождении через межпрутковый зазор; определена потребная мощность привода устройства.

3. Установлены рациональные значения параметров бункера: радиус - 0,06 м; высота - 0,085 м, длина - 0,12 м; диаметр прутка счесывающего барабана - 3 мм; межпрутковый зазор - 3 мм; высота прутков - 0,06 м; угловая скорость вращения барабана - 3,4...4,7 рад/с; поступательная скорость устройств – до 0,15 м/с; потребная мощность на привод устройства – не менее 23,1 Вт.

4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА УСТРОЙСТВА И ОПТИМИЗАЦИЯ ЕГО ПАРАМЕТРОВ

4.1 Лабораторный образец устройства

С учетом результатов теоретических исследований, на основе принятой в главе 1 конструктивно-технологической схемы, разработан и изготовлен лабораторный образец устройства для сбора ягод [110, 111].

На рисунке 4.1 изображен общий вид устройства: а – вид сверху; б – вид сбоку. На рисунке 4.2 – общий вид устройства (вид сбоку со стороны двигателя).

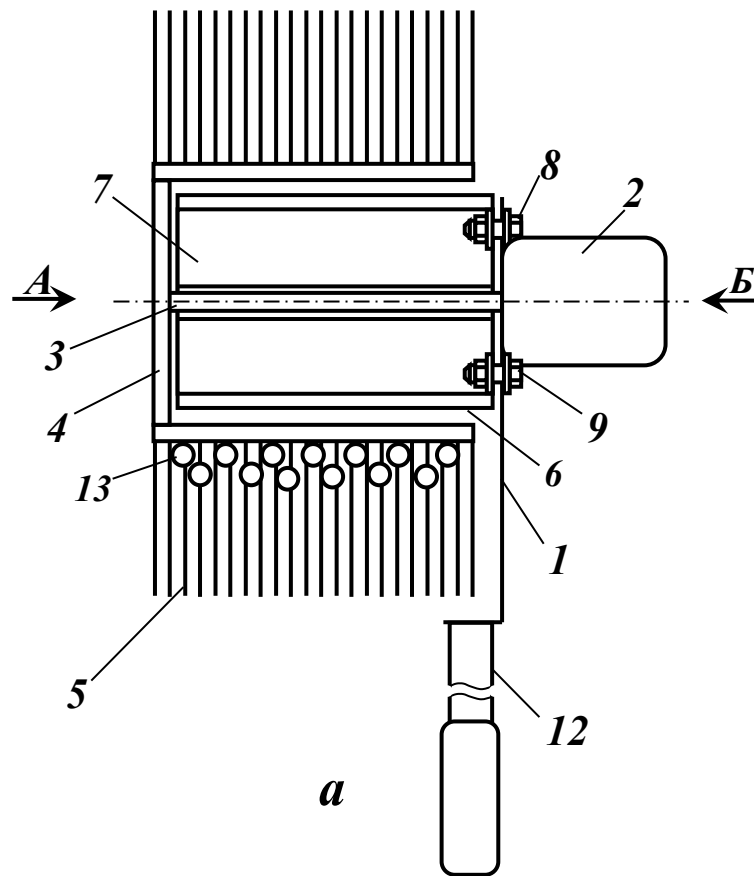
На корпусе 1 неподвижно установлен электродвигатель 2, на его валу 3 закреплен барабан 4 с счесывающими гребенками 5, которые расположены по его периферии. Бункер 6 неподвижно установлен на корпусе 1, а рукоятка 7 на корпусе 1. Питание электродвигателя осуществляется от аккумулятора (на рисунке не показан), емкость которого составляет 7 Ач, выходное напряжение 12 В, масса аккумулятора 2 кг.

Электродвигатель с встроенным червячным редуктором использован от легкового автомобиля марки ВАЗ-2109 и его модификаций, где он применяется в качестве привода стеклоподъемника.

Основные технические характеристики описанного устройства приведены в таблице 4.1.

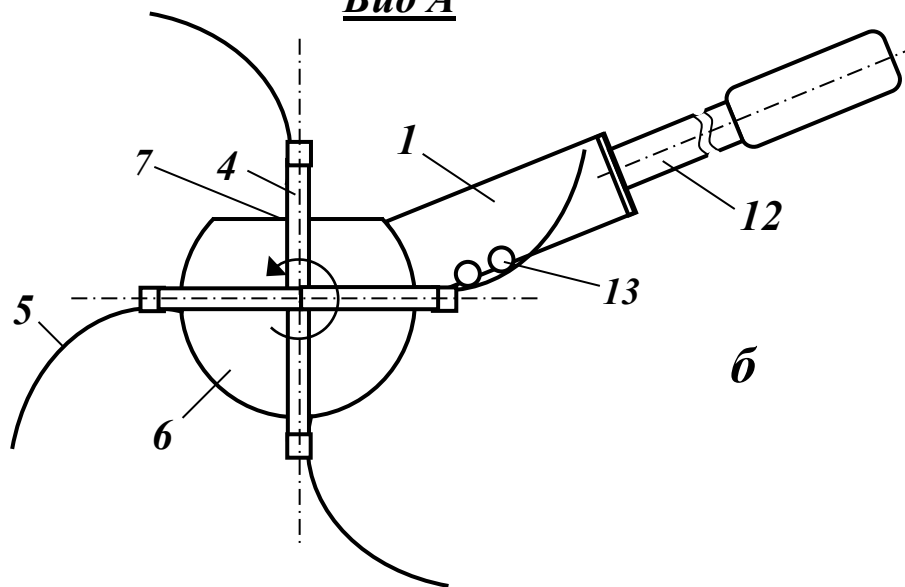
Оптимизация основных параметров устройства проводилась методом постановки многофакторного эксперимента.

Для его осуществления использовали трехуровневый план Бокса-Бенкена [112], который позволяет при небольшом числе опытов (15) получить достаточно достоверные результаты.



a

Вид А



б

a – вид сверху; б – вид сбоку

Рисунок 4.1 – Общий вид устройства:

Вид Б

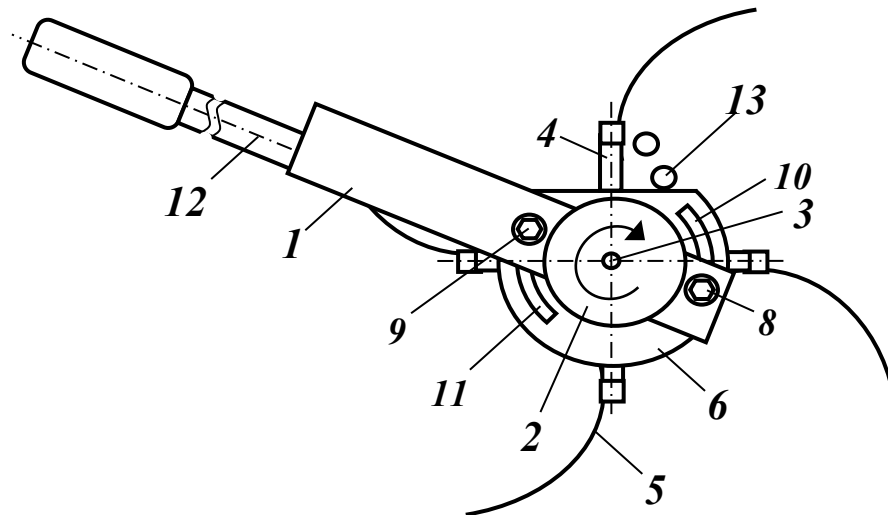


Рисунок 4.2 – Общий вид устройства (вид сбоку со стороны двигателя)

Таблица 4.1 – Техническая характеристика лабораторного образца устройства

№	Наименование показателей	Единица измерения	Значение показателей
1	Тип устройства	-	ручной, с электроприводом
2	Тип привода машины	-	электрический
3	Напряжение питания	В	12
4	Потребная мощность	Вт	до 25
5	Обороты выходного вала мотор-редуктора	об/мин	45...75
6	Ширина захвата	м	0,12
7	Габариты: длина	м	1,2...1,7
	ширина	м	0,16
	высота	м	0,24
8	Масса (без источника питания)	кг	1,35

4.2 Методика постановки многофакторного эксперимента

При разработке методики проведения опытов многофакторного эксперимента использована стандартная нормативная документация [111,113].

Для проведения эксперимента выбран трехуровневый план Бокса-Бенкена, так как он, в сравнении с ортогональными и ротатабельными планами более экономичен по числу опытов и обладает их свойствами [112].

На основании предварительных экспериментов и результатов исследований других авторов, а также опыта специалистов проводится ранжирование факторов и определяются уровни и интервалы их варьирования.

Порядок обработки результатов эксперимента изложен в работах [112,114-117].

Процесс сбора ягод с помощью разработанного образца устройства с достаточной точностью можно аппроксимировать полиномом второй степени вида:

$$Q = \epsilon_0 + \sum_{i=1}^n \epsilon_i x_i + \sum_{i>j}^n \epsilon_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^n \epsilon_{ii} x_i^2. \quad (4.1)$$

Коэффициенты регрессии определяются по формулам [3]:

$$\left. \begin{aligned} \epsilon_0 &= \bar{Y}_0; \\ \epsilon_i &= A\{iY\} \\ \epsilon_{ii} &= B\{iiY\} + C_1 \sum_j^{n_1} \{jjY\} + C_2 \sum_l^{n_2} \{llY\} - \frac{\bar{Y}_0}{\rho} \\ \epsilon_{ij} &= D\{ijY\} \end{aligned} \right\}, \quad (4.2)$$

где A, B, C_1, C_2 и ρ - табличные коэффициенты.

$$\begin{aligned} \{OY\} &= \sum_{u=1}^N Y_u; & \{iY\} &= \sum_{u=1}^N x_{iu} Y_u; \\ \{iiY\} &= \sum_{u=1}^N x_{iu}^2 Y_u; & \{ijY\} &= \sum_{u=1}^N x_{iu} x_{ju} Y_u. \end{aligned}$$

Определяется значимость коэффициентов регрессии по формуле:

$$t = \frac{|b_i|}{S_{b_i}}, \quad (4.3)$$

где t – критерий Стьюдента;

$|b_i|$ – абсолютная величина коэффициента регрессии;

$$S_{b_i} = \sqrt{\frac{S_Y^2}{Nm}}, \quad (4.4)$$

где N – число опытов;

m – повторность опыта.

$$S_Y^2 = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m (Y_{ui} - \bar{Y}_u)^2}{N(m-1)}, \quad (4.5)$$

где Y_{ui} – значения результатов опытов в одной точке (строке);

\bar{Y}_u – среднее значение результатов для одного опыта (варианта).

Для каждого коэффициента по формуле (4.3) рассчитывается t – критерий Стьюдента.

С учетом числа степеней свободы и принятом уровне значимости по таблице определяется значение критерия Стьюдента $t_{таб}$. Коэффициент b_i считается значимым, если $t_i > t_{таб}$.

Число степеней свободы определяется по формуле:

$$f_{zn} = N(m - 1).$$

Полученное уравнение регрессии проверяется на адекватность представления результатов опытов полиномом второго порядка, для чего вычисляется критерий Фишера:

$$F = \frac{S_{ad}^2}{S_Y^2}; \quad (4.6)$$

$$S_{ad}^2 = \frac{\sum_{u=1}^N (Y_{cпу} - \hat{Y}_u)^2}{N - d}, \quad (4.7)$$

где \bar{Y}_u – среднее значение для i -го опыта;

\hat{Y}_u – расчетное значение параметра оптимизации для i -го опыта;

d – число значимых коэффициентов уравнения регрессии.

Значение S_Y^2 вычисляется по формуле (4.5).

Вычисленное значение F сравнивается с табличным $F_{таб}$. Если $F < F_{таб}$, гипотеза об адекватности модели принимается.

Для большей наглядности уравнение регрессии необходимо представить в именованном виде. Коэффициенты регрессии для уравнения в именованном виде рассчитываются по формулам:

для линейных членов

$$b_i x_i = \frac{b_i}{\varepsilon_i} X_i - \frac{b_i}{\varepsilon_i} X_{0i}; \quad (4.8)$$

для квадратичных членов

$$b_{ii} x_i^2 = \frac{b_{ii}}{\varepsilon_i^2} (X_i^2 - 2X_i X_{0i} + X_{0i}^2); \quad (4.9)$$

для членов, содержащих взаимодействия

$$b_{ij} x_i x_j = \frac{b_{ij}}{\varepsilon_i \varepsilon_j} (X_i X_j - X_i X_{0j} - X_j X_{0i} + X_{0i} X_{0j}), \quad (4.10)$$

где x_i – кодированное значение фактора;

ε_i – интервал варьирования;

X_{0i} – натуральное значение фактора на нулевом уровне;

X_i – натуральное значение фактора.

Анализ уравнения регрессии заключается в нахождении точки оптимума (если она существует) и определении оптимальных значений факторов, определяющих эту точку. Анализ удобнее проводить в закодированном виде. Для нахождения оптимальных значений факторов определяются частные производные $\frac{dy}{dx_1}$, $\frac{dy}{dx_2}$, $\frac{dy}{dx_3}$ из уравнения (4.1) и приравниваются к нулю. При этом образуется система n уравнений с n неизвестными (n – число факторов). Значения факторов, удовлетворяющих уравнениям системы, являются оптимальными. Для их нахождения следует решить полученную систему уравнений.

Для более детального анализа уравнения регрессии проводится графический анализ, который заключается в построении двухмерных сечений поверхности отклика. Для удобства построения двухмерных сечений уравнение регрессии преобразуется в каноническую форму вида:

$$Y - Y_s = B_{11}X_1^2 + B_{22}X_2^2 + \dots + B_{kk}X_k^2, \quad (4.11)$$

где Y – значение критерия оптимизации;

Y_s – значение критерия оптимизации в точке оптимума;

$X_1, X_2 \dots X_3$ – новые оси координат;

$B_{11}, B_{22} \dots B_{kk}$ – коэффициенты регрессии в канонической форме.

Методика преобразования уравнения регрессии в каноническую форму и построения двумерных сечений поверхности отклика подробно описана в [111,112].

4.3 Моделирование рабочего процесса устройства и оптимизация его параметров

Основными показателями работы устройства для сбора ягод являются производительность, полнота сбора и повреждаемость ягод. При сборе дико-

растущих ягод полнота сбора не имеет большого значения. Производительность устройства может быть повышена за счет увеличения ширины захвата и повышения мощности привода на этапе совершенствования изделия. Поэтому в качестве критерия оптимизации выбрана повреждаемость ягод Q , выраженная в %. В качестве факторов, влияющих на повреждаемость ягод приняты диаметр прутков d_n , межпрутковый зазор t_n и частота вращения барабана ω_b .

На основании результатов предварительных экспериментов были выбраны уровни и интервалы варьирования факторов, которые приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Уровни и интервалы варьирования факторов

Тип плана	Уровни факторов в кодированном виде	Факторы в именованном виде		
		Диаметр прутков d_n , мм x_1	Межпрутковый зазор, мм t_n x_2	Угловая скорость вращения барабана ω_b , рад/с, x_3
Трехуровневый план Бокса-Бенкена для трех факторов	+1	2,2	3,7	7,85
	0	1,9	2,9	6,28
	-1	1,6	2,1	4,71
Интервалы варьирования		0,3	0,8	1,57

В разделе теоретических исследований обоснована угловая скорость вращения барабана $\omega_b=3,4\dots 4,7$ рад/с. Однако, на основании результатов предварительных опытов многофакторного эксперимента, эта величина была увеличена на 50%.

Опыты проводились согласно принятой методике, результаты приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Результаты опытов многофакторного эксперимента

№ опыта	Уровни факторов			Y_1	Y_2	Y_3	\bar{Y}
	x_1	x_2	x_3				
1	2	3	4	5	6	7	8
1	+1	+1	0	4,27	4,30	4,45	4,34
2	-1	-1	0	5,43	5,60	5,35	5,46
3	+1	-1	0	4,12	4,00	4,12	4,08
4	-1	+1	0	4,77	4,75	4,91	4,81
5	+1	0	+1	4,09	4,25	4,17	4,17
6	-1	0	-1	4,36	4,35	4,52	4,41
7	+1	0	-1	3,93	4,03	4,10	4,02
8	-1	0	+1	5,60	5,47	5,61	5,56
9	0	+1	+1	6,72	6,82	6,80	6,78
10	0	-1	-1	6,23	6,07	6,03	6,11
11	0	+1	-1	3,38	3,36	3,49	3,41
12	0	-1	+1	4,17	4,09	4,07	4,11
13	0	0	0	3,38	3,45	3,55	3,46
14	0	0	0	3,64	3,68	3,54	3,59
15	0	0	0	3,55	3,42	3,47	3,48

Для удобства вычислений при определении коэффициентов регрессии применена расчетная матрица-алгоритм, рекомендуемая при вычислениях с помощью программы EXCEL. На основании расчетов по матрице-алгоритму (Приложение Д, таблицы 1,2) получено уравнение регрессии в кодированном виде, описывающее зависимость повреждаемости ягод от диаметра прутков, межпруткового зазора и частоты вращения барабана устройства

$$Y = 3,51 - 0,45x_1 - 0,05x_2 + 0,33x_3 + 0,3x_1^2 + 0,86x_2^2 + 0,73x_3^2 + 0,23x_1x_2 - 0,25x_1x_3 + 1,34x_2x_3. \quad (4.12)$$

Полученное уравнение справедливо в пределах границ опытов, т.е. в пределах принятых интервалов варьирования факторов.

Для выявления значимости коэффициентов регрессии по формуле (4.2) с помощью расчетных таблиц (Приложение Г, таблицы 1, 2) были определены критические коэффициенты. Табличный коэффициент t выбирался при уровне значимости 0,05. Анализ сравнения коэффициентов уравнения регрессии с критическими коэффициентами (таблица 4.4) показывает, что все коэффициенты по абсолютной величине превосходят критические. Следовательно, их можно признать значимыми.

Таблица 4.4 – Определение значимости коэффициентов уравнения регрессии

№ п/п	b_i обозначение	$ b_i $ значение	t_i	$t_{кр}$	Значимость b_i , да + нет -
1	b_0	3,51	270	2,042	+
2	b_1	0,45	34,6		+
3	b_2	0,050	3,85		+
4	b_3	0,33	25,4		+
5	b_{11}	0,30	23,1		+
6	b_{22}	0,86	66,2		+
7	b_{33}	0,73	56,2		+
8	b_{12}	0,23	17,7		+
9	b_{13}	0,25	19,2		+
10	b_{23}	1,34	103		+

Тогда,

$$S_Y^2 = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m (y_{ui} - \bar{Y}_u)^2}{N(m-1)} = \frac{0,2135}{15(3-1)} = 0,0071;$$

$$S_{\sigma_i} = \sqrt{\frac{S_u^2}{N \cdot m}} = \sqrt{\frac{0,0071}{15 \cdot 3}} = 0,013.$$

Для проверки адекватности уравнения (4.12) по формулам (4.6) и (4.7) вычислен F – критерий Фишера

$$f_{ad} = N - d = 15 - 10 = 5$$

Пользуясь вспомогательной таблицей 3 (Приложение Д) вычислено значение числителя

$$\sum_{u=1}^N (\bar{Y}_u - \hat{Y}_u)^2 = 0,0252,$$

Значения \hat{Y}_u определены в таблице 1 (Приложение Д) подстановкой значений x_i , x_i^2 и x_{ij} в уравнение (4.12).

Дисперсия неадекватности

$$S_{ad}^2 = \frac{0,0252}{5} = 0,005.$$

Дисперсия воспроизводимости (ошибки опыта) вычислена при определении значимости коэффициентов уравнения регрессии $S_Y^2 = 0,007$.

Критерий Фишера

$$F = \frac{0,005}{0,007} = 0,714.$$

Табличное значение $F_m = 2,5$ при уровне значимости 0,05. Расчетное значение F -критерия меньше табличного. Следовательно, с вероятностью 0,95 и выше можно считать, что полученное уравнение адекватно описывает исследуемый процесс.

Для наглядности уравнение регрессии по формулам (4.8)...(4.10) преобразовано в натуральный вид

$$Q = 70,5 - 12,6d_n - 18,5t_n - 6,2\omega_{\bar{o}} + 3,33d_n^2 + 1,34t_n^2 + 0,25\omega_{\bar{o}}^2 + 0,96d_n t_n - 0,49d_n \omega_{\bar{o}} + 0,99t_n \omega_{\bar{o}}, \% \quad (4.13)$$

Для нахождения оптимальных значений факторов были найдены частные производные из уравнения (4.12) и приравнены к нулю:

Для нахождения оптимальных значений факторов были найдены частные производные из уравнения (4.12) и приравнены к нулю:

$$\begin{aligned}\frac{dy}{dx_1} &= -0,45 + 0,6x_1 + 0,23x_2 - 0,25x_3 = 0; \\ \frac{dy}{dx_2} &= -0,05 + 1,72x_2 + 0,23x_1 + 1,34x_3 = 0; \\ \frac{dy}{dx_3} &= 0,33 + 1,46x_3 - 0,25x_1 + 1,34x_2 = 0.\end{aligned}\tag{4.14}$$

Решение полученной системы уравнений (4.14) с тремя неизвестными дает следующий результат

$$x_{01} = 0,47; \quad x_{02} = 0,30; \quad x_{03} = -0,42$$

или в натуральных единицах

$$d_{n0} = 2,04 \text{ мм}; \quad t_{n0} = 3,14 \text{ мм}; \quad \omega_{60} = 6,19 \text{ рад/с}.$$

При этих значениях факторов повреждаемость ягод принимает минимальное значение. Минимальное значение Q вычислено из системы уравнения (4.14) подстановкой в него значений d_{n0} , t_{n0} и ω_{60} . Оно оказалось равным $Q_{min} = 3,33 \%$.

Для более детального анализа уравнения регрессии проведен графический анализ, который заключается в построении двумерных сечений поверхности отклика. Для построения двумерного сечения x_2 - x_3 фактор x_1 в уравнении (4.12) приравнен к оптимальному его значению $x_1 = x_{01} = 0,47$. Полученное выражение

$$Y = 3,36 + 0,0581x_2 + 0,212x_3 + 0,86x_2^2 + 0,73x_3^2 + 1,34x_2x_3,\tag{4.15}$$

приводится к канонической форме вида

$$Y - Y_S = B_i X_i^2 + B_j X_j^2.\tag{4.16}$$

Для нахождения коэффициентов B_2 и B_3 было решено характеристическое уравнение

$$f(\epsilon) = \begin{vmatrix} 0,86 & 0,67 \\ 0,67 & 0,73 - B \end{vmatrix} = 0. \quad (4.17)$$

Решение этого уравнения дает результат: $B_2 = 1,47$; $B_3 = 0,121$.

При дифференцировании уравнения (4.15) вычислены оптимальные значения факторов: $x_{02} = 0,3$; $x_{03} = -0,42$. Подставив эти величины в (4.15), находим значение критерия оптимизации в точке оптимума $Y_S = 3,33$.

Таким образом, уравнение (4.15) в канонической форме примет вид:

$$Y - 3,33 = 1,47X_2^2 + 0,121X_3^2. \quad (4.18)$$

Выражение (4.18) представляет собой уравнение эллипса.

Угол поворота новых осей координат относительно старых

$$\operatorname{tg}2\alpha = \frac{b_{23}}{b_{22} - b_{33}} = \frac{1,34}{0,86 - 0,73} = 10,3; \quad (4.19)$$

$$\alpha = \frac{1}{2} \operatorname{arctg}2\alpha = 42^\circ.$$

Значение α положительное, следовательно оси координат повернуты в направлении от x_2 к x_3 .

Для построения контурных кривых в двумерном сечении в уравнение (4.18) через равные интервалы подставлены различные значения X_2 и X_3 , и вычислены значения Y . Результаты вычислений приведены в таблице 4.5.

Двумерное сечение x_2 - x_3 представлено на рисунке 4.3.

Таким же образом получено уравнение регрессии в канонической форме для сечения x_1 - x_3

$$Y - 3,33 = 0,764X_1^2 + 0,266X_3^2. \quad (4.20)$$

Таблица 4.5 – Расчетная таблица для построения линий равного значения критерия оптимизации в двумерном сечении x_2 - x_3

Y	X_2	X_3	Y	X_2	X_3
3,33	0	0	3,50	0	$\pm 1,20$
				$\pm 0,341$	0
3,35	0	$\pm 0,40$	3,64	0	$\pm 1,60$
	$\pm 0,116$	0		$\pm 0,464$	0
3,41	0	$\pm 0,80$	3,81	0	$\pm 2,00$
	$\pm 0,232$	0		$\pm 0,572$	0

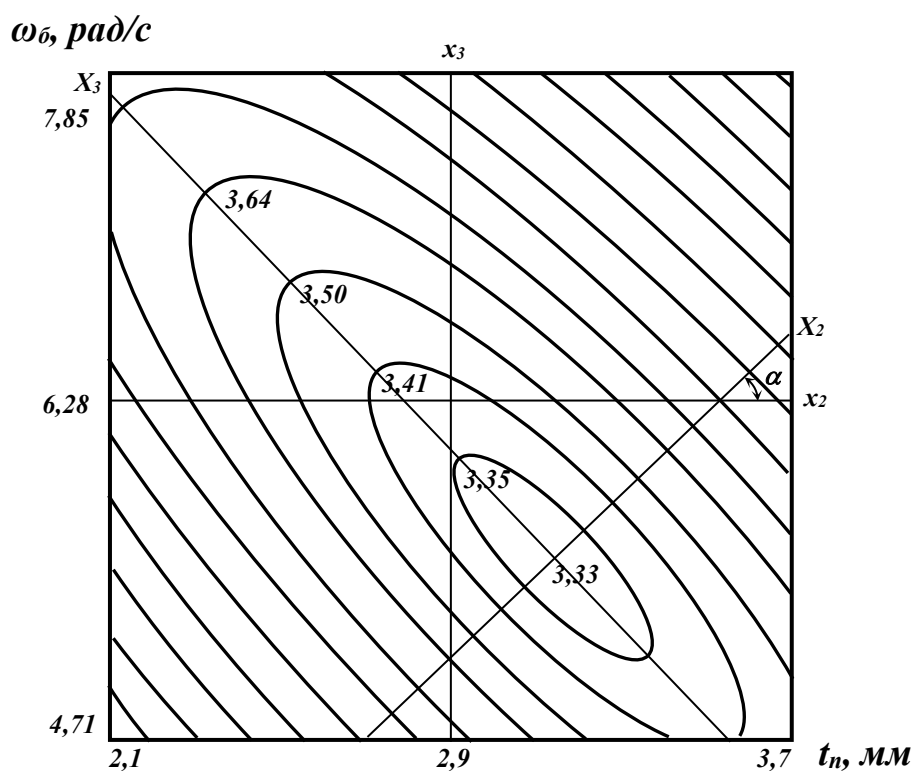


Рисунок 4.3 – Зависимость повреждаемости ягод от угловой скорости вращения барабана и межпруткового зазора

Угол поворота осей

$$\operatorname{tg} 2\alpha = 0,58; \quad \alpha = 18^\circ \quad (4.21)$$

На рисунке 4.4 представлено двумерное сечение x_1 - x_3 .

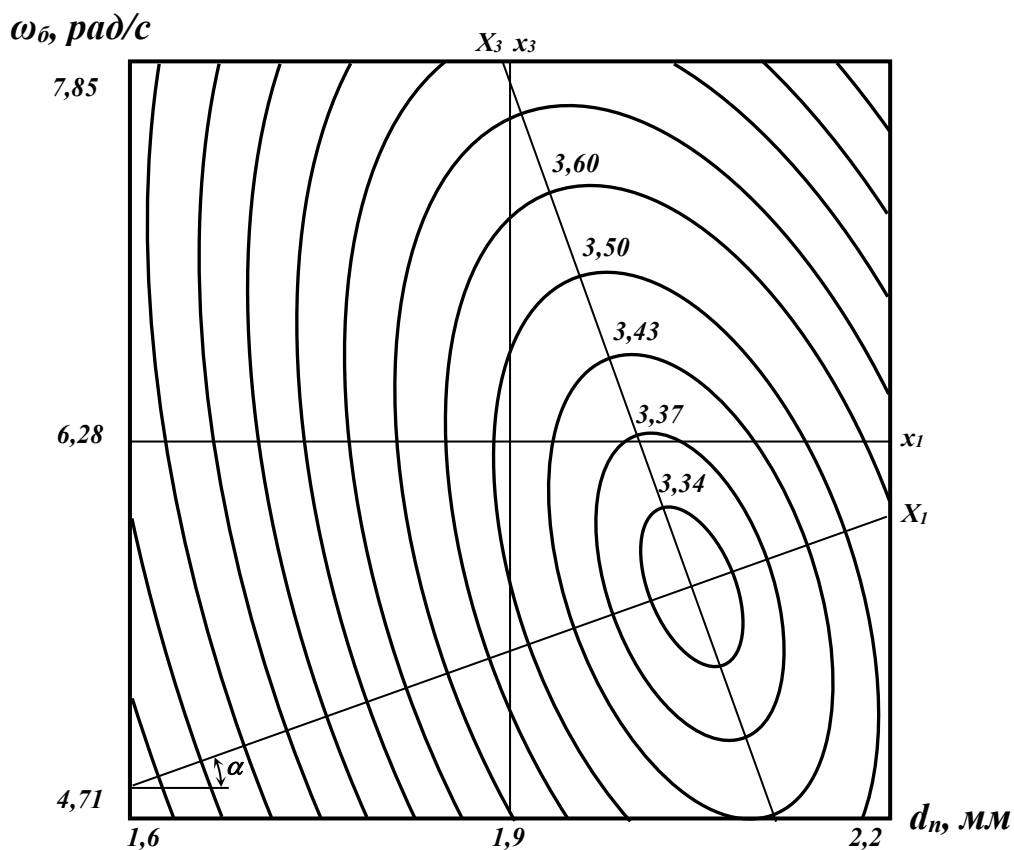


Рисунок 4.4 – Зависимость повреждаемости ягод от диаметра прутков и частоты вращения барабана

Анализируя двумерные сечения, делаем вывод, что оптимальные значения рассматриваемых факторов можно принимать в пределах:

$$\begin{aligned} x_1 &= 0,08 \dots 0,86; \\ x_2 &= -0,28 \dots 0,88; \\ x_3 &= -1,04 \dots 0,16. \end{aligned} \quad (4.22)$$

В натуральных единицах:

$$\begin{aligned} d_n &= 1,92 \dots 2,16 \text{ мм}; \\ t_n &= 2,68 \dots 3,60 \text{ мм}; \\ \omega_b &= 5,22 \dots 6,19 \text{ рад/с}. \end{aligned} \quad (4.23)$$

В указанных пределах варьирования факторов отклонения критерия оптимизации от оптимального значения не превышают 5%.

Таким образом, с учетом результатов теоретических исследований, на основе принятой конструктивной схемы, разработан и изготовлен лабораторный образец устройства для сбора ягод [118].

Выбранный трехуровневый план Бокса-Бенкена позволил провести многофакторный эксперимент с минимальным числом опытов – 15.

Обоснован критерий оптимизации и перечень основных факторов. В качестве критерия оптимизации выбрана повреждаемость ягод Q , выраженная в %. В качестве факторов, влияющих на повреждаемость ягод приняты диаметр прутков d_n , межпрутковый зазор t_n и частота вращения барабана ω_b . На основании результатов предварительных экспериментов выбраны уровни и интервалы варьирования факторов [119].

Согласно принятой методике проведены опыты. При обработке результатов опытов получено уравнение регрессии, описывающее зависимость повреждаемости ягод от диаметра прутков, межпруткового зазора и частоты вращения барабана устройства.

На основании уравнения регрессии построены двумерные сечения поверхности отклика (рисунки 4.3 и 4.4). Проанализировав двумерные сечения, сделан вывод, что оптимальные значения рассматриваемых параметров можно принимать в пределах диаметр прутка – 1,92 ... 2,16 мм; зазор между прутками – 2,68 ... 3,60 мм, угловая скорость вращения барабана – 5,22...6,19 рад/с.

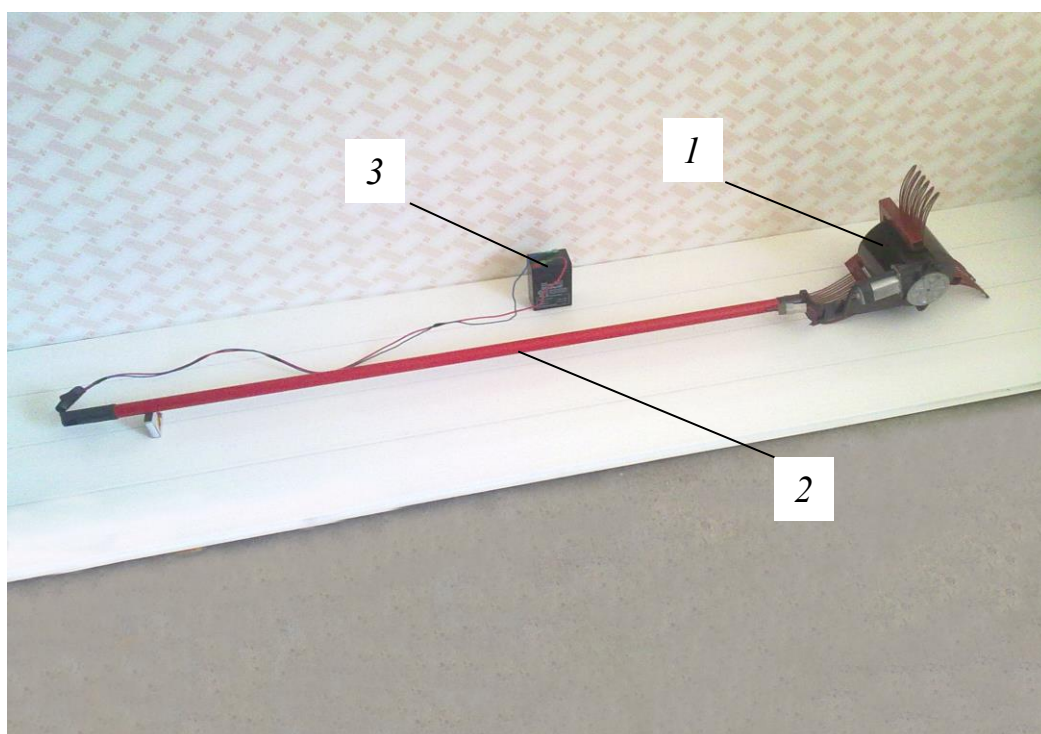
В указанных пределах варьирования факторов отклонения критерия оптимизации от оптимального значения не превышают 5%.

Повреждаемость ягод в точке оптимума составила $Q_{min} = 3,33$ %, что вполне допустимо по агротребованиям.

4.4 Испытания устройства и уточнение его параметров

С учетом результатов теоретических и лабораторных исследований, на основе принятой в разделе 1.2 конструктивной схемы, а также лабораторного образца, описанного в разделе 4.1, разработан и изготовлен экспериментальный образец устройства для сбора ягод [110].

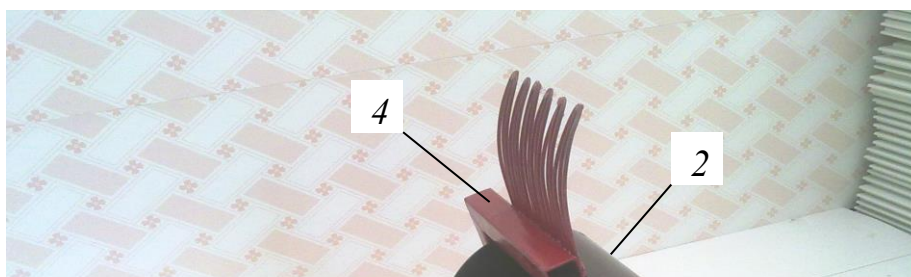
На рисунке 4.5 изображен общий вид устройства для сбора ягод. Устройство включает следующие основные элементы: рабочий орган 1, штангу 2 и аккумулятор 3.



1 – рабочий орган; 2 – штанга; 3 – аккумулятор

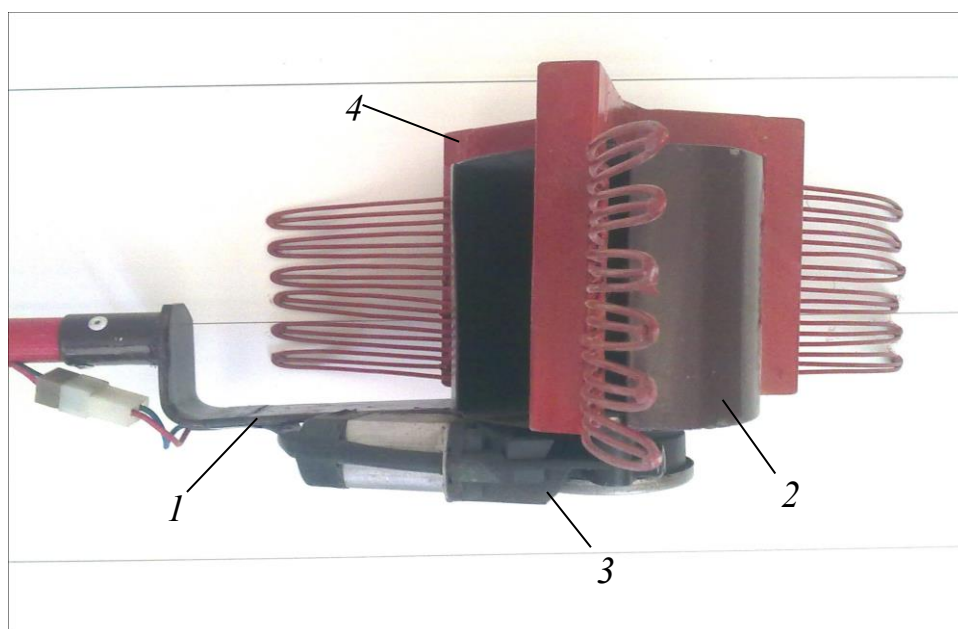
Рисунок 4.5 – Общий вид экспериментального устройства для сбора ягод:

На рисунках 4.6 и 4.7 изображен рабочий орган, который состоит из корпуса 1, бункера 2, мотор-редуктора 3 и счесывающего барабана 4. Мотор-редуктор и бункер установлены в корпусе неподвижно. Счесывающий барабан установлен на корпусе с возможностью вращения относительно него. Ось барабана связана с валом мотор-редуктора [110].



1 – корпус; 2 – бункер; 3 – мотор-редуктор; 4 – счесывающий барабан

Рисунок 4.6 – Рабочий орган устройства для сбора ягод, общий вид:



1 – корпус; 2 – бункер; 3 – мотор-редуктор; 4 – счесывающий барабан

Рисунок 4.7 – Рабочий орган устройства для сбора ягод, вид сверху:

Основные технические характеристики экспериментального образца устройства приведены в таблице 4.6 [110].

Таблица 4.6 – Техническая характеристика экспериментального образца устройства для сбора ягод

№	Наименование показателей	Единица измерения	Значение показателей
1	Тип устройства	-	ручной,
2	Тип привода устройства	-	электрический
3	Напряжение питания	В	12
4	Потребная мощность	Вт	25
5	Обороты выходного вала мотор-редуктора	об/мин	50...75
6	Ширина захвата	м	0,12
7	Число гребёнок	шт.	3
8	Габариты: длина ширина высота	м м м	1,2...1,7 0,16 0,28
9	Масса (без источника питания)	кг	1,35
10	Высота счесывающих прутков	мм	70
11	Радиус бункера	мм	60
12	Размеры люка бункера: длина ширина	мм мм	120 85
13	Зазор между прутками	мм	3
14	Диаметр прутков	мм	2
15	Радиус кривизны прутков	мм	100

Эксплуатационно-технологические испытания экспериментального образца механизированного устройства для сбора ягод проводились в Дигорском ущелье РСО-Алания. Испытания проводились на функциональную работоспособность устройства с использованием методов и средств согласно ГОСТ

24056-88 «Методы эксплуатационно-технологической оценки машин на этапе проектирования».

Рельеф участков местности был типичным для условий горной местности Северной Осетии. Агрометеорологические условия в период эксплуатационных испытаний характеризовались отсутствием осадков и температурой воздуха 24 ... 27°C. В таблице 4.7 представлены условия проведения испытаний и режимы работы устройства.

Таблица 4.7 – Характеристика условий проведения испытаний и режимы работы устройства для сбора ягод

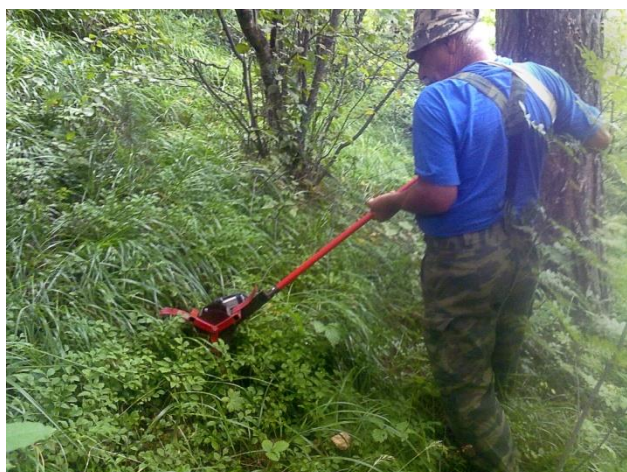
№	Показатели	Ед. изм	Значения
1	Вид работы	–	Сбор ягод
2	Культура	–	Черника
3	Угол склона, подъем, спуск	%	до 45
4	Высота кустов	м	0,17...0,37
5	Толщина плодоносного слоя кустов	м	0,03...0,11
6	Количество обслуживающего персонала	чел	1
7	Температура воздуха	°С	24...27
8	Относительная влажность воздуха	%	55...65
9	Крутизна склона	град	до 35
10	Число оборотов счесывающего барабана	об/мин	45...70
11	Поступательная скорость устройства	м/с	0,05 - 0,15

В таблице 4.8 представлен перечень средств измерений и оборудования, которые были использованы при проведении испытаний.

Таблица 4.8 – Перечень средств измерений и оборудования, применяемых при определении функциональных показателей работы устройства для сбора ягод

№ п/п	Наименование средства измерения, оборудования	Стандарт	Погрешность средства измерения
1	Термометр ТЛ-40	ГОСТ 112	$\pm 0,5^{\circ} \text{C}$
2	Психрометр ручной МВ-4М	ГОСТ 25893	$\pm 2\%$
3	Линейка измерительная металлическая	ГОСТ 427	$\pm 1\%$
4	Рулетка РЗ-20	ГОСТ 7502	$\pm 1 \text{ мм}$
5	Угломер	ГОСТ 5378	$\pm 1^{\circ}$
6	Весы ВНЦ-10	ГОСТ 23329	$\pm 10 \text{ г}$
7	Секундомер СОС гр 2Г	ТУ-25-1819,0021	$\pm 0,2 \text{ с}$

На рисунке 4.8 представлен экспериментальный образец устройства во время испытаний.



а

б

а – общий вид устройства в работе; б – рабочий орган устройства

Рисунок 4.8 – Экспериментальный образец устройства в работе на сборе ягод черники:

Продолжительность каждого опыта составляла 15 минут при десятикратной повторности. После окончания каждого опыта взвешивали собранный урожай. Затем из собранного урожая визуально отделяли поврежденные ягоды, а также инородные примеси (листья, ветки и др.) и взвешивали их [110].

Определяли часовую производительность устройства по формуле:

$$P = 4(q_y - q_n - q_l), \quad (4.23)$$

где P – производительность устройства, кг/час;

q_y – масса урожая, собранного за один опыт, кг;

q_n – масса поврежденных ягод, кг;

q_l – масса примесей, кг.

В таблице 4.9 приведены результаты опытов и расчетов часовой производительности устройства.

Таблица 4.9 – Результаты опытов испытаний экспериментального образца устройства для сбора ягод

№ опыта	Масса собранного урожая q_y , кг	Масса поврежденных ягод q_n , кг	Масса примесей q_l , кг	Производительность P , кг/час
1	1,38	0,04	0,03	5,24
2	1,31	0,03	0,02	5,01
3	1,21	0,03	0,02	4,65
4	1,23	0,02	0,03	4,73
5	1,29	0,04	0,03	4,87
6	1,33	0,03	0,04	5,04
7	1,37	0,03	0,04	5,19
8	1,41	0,04	0,03	5,33
9	1,37	0,05	0,02	5,21
10	1,42	0,04	0,03	5,38

По результатам опытов вычислены средняя производительность разработанного устройства и средние значения повреждаемости ягод и засоренности собранного урожая. Эти же показатели для ручного сбора ягод с помощью ковша были определены ранее. В таблице 4.10 приведены сравнительные показатели работы разработанного устройства и ручного сбора ягод с помощью

ковша. Из таблицы видно, что использование разработанного устройства дает возможность повысить производительность сбора ягод по отношению к ручному сбору на 69%. На 0,1% повышена повреждаемость ветвей и, также на 0,2% увеличена засоренность собранного урожая ягод. При этом, повреждаемость ягод одинакова, что при ручном сборе, что при механизированном.

Таблица 4.10 - Сравнительные показатели работы разработанного устройства и ручного сбора ягод с помощью ковша

№	Средние показатели	Механизи- рованный сбор (устройство)	Ручной сбор (ковш)	Повышение (снижение), %
1.	Производительность, кг/час	5,06	3	+69
2.	Повреждаемость ягод, %	3	3	0
3	Повреждаемость плодоносящих ветвей, %	2,9	2,8	+0,1
4.	Засоренность собранного урожая, %	2,2	2	+0,2

При испытаниях во время проведения опытов происходило наматывание растительной массы на счесывающий барабан. В связи с этим после первых опытов скорость вращения барабана снизили до 50 об/мин, после чего наматывание веток прекратилось [110].

Испытания подтвердили работоспособность устройства для сбора ягод (черники), они позволили уточнить его конструктивно-технологические параметры, а также режим работы [110].

Повышение производительности труда составило 69% по сравнению с ручным сбором, при этом значительно облегчен труд сборщиков ягод. Качественные показатели рабочего процесса соответствуют ручной уборке.

Таблица 4.11 –Агротребования к сбору ягод черники и голубики

(ГОСТ Р54696-2011)

Наименование показателя	Характеристика и норма для товарных сортов		
	высшего	первого	второго
1	2	3	4
Внешний вид	Фрукты (ягоды) свежие, не мятые, чистые, без излишней внешней влажности.		
	Черника: ягоды шаровидные, 5-8 мм, окраска с сизым восковым налетом, мякоть сочная, красновато-фиолетовая, сок красный, интенсивно окрашивающий.		
	Фрукты (ягоды) с характерными признаками, соответствующими помологическому сорту, фрукты (ягоды) дикорастущих растений – соответствующие виду, неслипшиеся, покрытые характерным налетом.	Допускаются незначительные утечка сока и помятость при условии, что ягоды сохраняют присущие им характерные признаки качества, сохраняемость и товарный вид.	
	Допускаются незначительные поверхностные дефекты при условии, что они не влияют на общий вид, качество, сохраняемость и товарный вид.	Допускаются очень незначительные утечка сока и помятость при условии, что они не влияют на общий внешний вид, качество, сохраняемость и товарный вид.	

Продолжение таблицы 4.11

1	2	3	4
Степень зрелости и состояние ягод	Фрукты (ягоды) съемной зрелости, позволяющие выдерживать транспортирование, погрузку, разгрузку и доставку к месту назначения.		

Запах и вкус	Свойственные данному виду и помологическому сорту без постороннего запаха и (или) привкуса.		
Массовая доля фруктов (ягод), не соответствующих требованиям данного сорта, но удовлетворяющих требованиям более низких сортов, %, не более:			
первого и второго сортов,	5,0	-	-
в том числе фруктов (ягод) удовлетворяющих второму сорту	0,5	-	-
второго сорта	-	10,0	-
в том числе фруктов (ягод), не соответствующих требованиям второго сорта или с признаками порчи	-	2,0	-
фруктов (ягод), не соответствующих требованиям второго сорта,	-	-	10,0
в том числе с признаками порчи	-	-	4,0
Наличие сорной примеси, %*	Не допускается		
Наличие сельскохозяйственных вредителей, %	Не допускается		
Наличие фруктов (ягод), поврежденных сельскохозяйственными вредителями, %	Не допускается		
Наличие гнилых, испорченных фруктов (ягод), %	Не допускается		
* За исключением случайно попавших единичных листьев и веточек для ягод дикорастущих растений.			

Агротребования к сбору ягод черники регламентируются согласно ГОСТ Р 54696-2011 (ЕЭК ООН FFV-57:2010) Черника и голубика свежие. Техниче-

ские условия (дата введения 01.01.2013). Качество черники должно соответствовать характеристикам и нормам, указанным в таблице 4.11 (таблица из ГОСТ).

Как следует из ГОСТ, в товарной чернике не допускаются наличие сорных примесей, вредителей и насекомых; поврежденных и испорченных ягод. Наличие сорной примеси (единичные листья и веточки) допускается для ягод дикорастущих растений. Ягоды, собранные ручным ковшом (комбайнами) или любым другим механизированным устройством, подлежат обязательной очистке от примесей, а также должны быть неповрежденными согласно ГОСТ Р 54696-2011. Ягоды собранные с использованием разработанного устройства требуют очистку от примесей, после чего они отвечают требованиям ГОСТа.

4.5 Выводы

1. Обоснованы критерий оптимизации и перечень основных факторов. В качестве критерия оптимизации выбрана повреждаемость ягод Q , выраженная в %, а факторами, влияющими на повреждаемость ягод, признаны: диаметр прутков d_n , межпрутковый зазор t_n и частота вращения барабана ω_b . На основании результатов предварительных экспериментов установлены уровни и интервалы варьирования факторов.

2. С учетом результатов теоретических и лабораторных исследований, на основе принятой в разделе 1.2 конструктивной схемы, а также лабораторного образца, описанного в разделе 4.1, разработан и изготовлен экспериментальный образец устройства для сбора ягод.

3. Моделирование рабочего процесса устройства для сбора ягод черники в полевых условиях с помощью постановки многофакторного эксперимента позволило установить его оптимальные параметры и режим работы: угловая скорость вращения барабана – 5,22...6,19 рад/с; диаметр прутка счесывающего барабана – 1,92...2,16 мм; зазор между прутками – 2,68...3,60 мм. При этих параметрах повреждаемость ягод минимальна – 3,3%.

4. Проверочные испытания устройства в производственных условиях подтвердили его работоспособность, эргономичность, уточнили скорость вращения барабана (50 об/мин вместо 60 об/мин), а также его производительность – 5,06 кг/ч. Повреждаемость ягод составила 2,8% (при моделировании – 3,3%), а засоренность собранного урожая – 2,2%, (ее отклонение в сравнении с ручным сбором составило $\pm 0,2\%$).

5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

5.1 Методика оценки

На основании действующих стандартов принята методика расчета показателей экономической эффективности использования результатов исследований в сельскохозяйственном производстве [121-123].

Экономическая оценка эффективности разработанного средства механизации сбора черники проведена путем сопоставления затрат на выполнение соответствующей технологической операции предлагаемой и существующей устройствами (Приложение Е).

Расчеты экономической эффективности проведены согласно ГОСТ 28728-88-ГОСТ 23730-88 «Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки» [120], ОСТ 102.18-88-2001 Стандарт отрасли «Испытания сельскохозяйственной техники. Методы экономической оценки» [121], «Методики определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники» (Нормативно-справочный материал, ч. I, II)» [122,123]. Нормативные данные на выполнение уборочных работ в садоводстве, виноградарстве и питомниководстве взяты из сборников нормативно-справочных материалов.

Разработанное механизированное устройство для сбора черники сравнивается с существующим ручным ковшом (комбайном) финского производства, производительность которого на сборе черники примерно равна 3 кг за час чистой работы [124].

В расчетах приняты следующие нормы отчислений: на реновацию сравниваемых образцов – 8%, на ремонт и техническое обслуживание – 10%. Тарифная ставка рабочего сборщика с учетом надбавок и доплат – 100 руб./ч.

Срок окупаемости капитальных вложений вычисляется по формуле:

$$T_{\text{кан}} = \frac{B_n}{(I_{\text{б}} - I_n) \cdot B_3}, \text{ год}, \quad (5.1)$$

где B_n – цена новой техники предприятия изготовителя (без НДС и торговой наценки), руб.;

H_0, H_n – удельная себестоимость механизированных работ по базовой и новой технике, руб./кг;

V_3 – годовой объем работ новой техники, кг.

Себестоимость работ I_n вычисляется по формуле:

$$I_n = Z + Z_{эл} + R + A + p, \text{ руб./кг} \quad (5.2)$$

где Z – затраты на оплату труда обслуживающего персонала, руб./кг;

$Z_{эл}$ – затраты на электроэнергию, руб./кг;

R – затраты на техническое обслуживание и ремонт, руб./кг;

A – отчисления на амортизацию, руб./кг;

p – затраты на реновацию, руб./кг.

Затраты на оплату труда обслуживающего персонала вычисляются по формуле:

$$Z_o = \frac{L \cdot r \cdot K_3}{W_ч}, \text{ руб./кг} \quad (5.3)$$

где L – количество обслуживающего персонала, чел;

r – часовая оплата труда обслуживающего персонала, руб./ч.-ч;

$W_ч$ – производительность агрегата за час сменного времени, кг/ч;

K_3 – коэффициент начислений на зарплату (в отрасли растениеводства – 1,829).

Затраты средств на электроэнергию в руб./кг

$$Z_{эл} = \frac{Ц_э \cdot q_э \cdot W_ч}{1000}, \quad (5.4)$$

где $q_э$ – удельный расход электроэнергии, кВт·ч/кг;

$Ц_э$ – цена одного кВт·ч электроэнергии, руб.;

Затраты на техническое обслуживание и ремонт, руб./кг:

$$R = \frac{N \cdot B}{100W_{\text{ч}} \cdot T}, \quad (5.5)$$

где N – норма годовых отчислений на текущий ремонт и техническое обслуживание, %;

T – годовая загрузка машины, ч.

Отчисления на амортизацию в руб./кг вычисляются по формуле:

$$A = \frac{B \cdot a}{W_{\text{ч}} \cdot T}, \quad (5.6)$$

где B – цена машины, руб.;

a – коэффициент отчислений на амортизацию;

$W_{\text{ч}}$ – производительность машины за час эксплуатационного времени, кг.

Фактическое значение коэффициента отчислений на амортизацию

$$a_{\text{ф}} = \frac{1}{T_{\text{эксн}}}, \quad (5.7)$$

где $T_{\text{эксн}}$ – срок эксплуатации техники, лет.

Затраты на реновацию, в руб./кг

$$P = \frac{B \cdot a_p}{W_{\text{ч}} \cdot T}, \quad (5.8)$$

где a_p – коэффициент отчислений на реновацию машины.

Трудоемкость выполнения механизированных работ, чел-час:

$$Z_{\text{м}} = \frac{L}{W_{\text{ч}}}. \quad (5.9)$$

Годовая экономия себестоимости механизированных работ:

$$\mathcal{E}_c = (I_{\bar{o}} - I_n) \cdot B_3, \quad (5.10)$$

где B_3 – годовая наработка новой техники, ед. кг ($B_3 = T \cdot W_{\bar{u}}^n$).

Годовой приведенный экономический эффект от эксплуатации новой техники, руб.

$$\mathcal{E}_2 = (P_{\bar{o}} - P_n) \cdot B_3, \quad (5.11)$$

где $P_{\bar{o}}, P_n$ – приведенные затраты по базовой и новой технике, кг.

Приведенные затраты вычисляются по формуле:

$$P = I + KE, \quad (5.12)$$

где K – капитальные вложения на единицу наработки, руб./кг;

E – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

$$K = \frac{B}{W_{\text{экс}} \cdot T}, \quad (5.13)$$

где $W_{\text{экс}}$ – производительность устройства за один час эксплуатационного времени, кг/ч ($W_{\text{экс}} = 0,85 W_{\bar{u}}$).

Коэффициент эффективности снижения себестоимости механизированных работ по новой технике, в %

$$K_c = \frac{\mathcal{E}_c}{I_{\bar{o}} \cdot B_3} \cdot 100. \quad (5.14)$$

Годовая экономия затрат труда при эксплуатации новой техники, чел-час

$$Z_{M2} = (Z_{M2}^{\bar{o}} - Z_{M2}^n) \cdot B_3, \quad (5.15)$$

Таблица 5.1 – Исходные данные для расчета экономического эффекта (в ценах 2017 года)

№ п/п	Наименование	Обозначение	Ед. измерения	Значение	
				новая машина	базовое устройство (Финляндия)
1	Цена машины (при серийном производстве)	B	руб.	3200	960
2	Производительность агрегата	$W_{\text{ч}}$	кг/ч.	5	3
3	Удельный расход электроэнергии	$q_{\text{э}}$	Вт·ч./кг	20	-
4	Количество обслуживающего персонала	L	чел.	1	
5	Часовая оплата труда обслуживающего персонала	$ч$	руб./ч	100	
6	Цена одного кВт·ч	$Ц_{\text{э}}$	руб.	5	-
7	Норма годовых отчислений на техническое обслуживание и ремонт	N	%	10	
8	Годовая загрузка машины, устройства	T	час	400	400
9	Коэффициент отчислений на амортизацию	a	-	0,125	-
10	Коэффициент отчислений на реновацию	a_p	-	0,125	-
11	Нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений	E	-	0,2	

где $Z_{мг}^б, Z_{мг}^н$ – трудоемкость выполнения механизированных работ на единицу наработки соответственно базовой и новой техники, ч.-ч./кг.

Зональная годовая наработка новой техники:

$$B_3 = W_ч \cdot T, \text{ кг} \quad (5.16)$$

Капитализированная стоимость (лимит цены) новой техники:

$$C_л = \frac{\mathcal{E}_2}{a + E} + B_н, \text{ руб.}, \quad (5.17)$$

где a – коэффициент отчислений на амортизацию новой техники.

5.2 Результаты экономической оценки

Результаты технико-экономической оценки разработанного устройства для сбора ягод черники, полученные путем сравнения затрат по базовой (ручной) и новой (механизированной) технологиям показал, что наблюдается существенное снижение себестоимости работ на 40,4%, трудоемкости - на 66,5%. Годовой экономический эффект составит 53,96 тыс. рублей, капитализированная стоимость устройства для сбора ягод – 169,23 тыс. руб., срок окупаемости дополнительных капитальных вложений 0,063 года (сезона) или 25,2 часа чистой работы (Приложение Е).

Учитывая горные условия эксплуатации нового устройства, в которых производительность сбора ягод черники может значительно уменьшиться, за счет увеличения времени поиска новых кустов, переходов от одного куста к другому, неудобств, связанных с пересеченной местностью и т.д. принимаем коэффициент использования времени смены в пределах 0,4-0,5. Тогда срок окупаемости устройства для сбора ягод черники может составить 50,4...63 ч, т.е. примерно 7-9 дней эксплуатации.

Таблица 5.2 – Оценка эффективности использования результатов
исследования

№ п/п	Наименование показателя	Обозначение	Ед. измерения	Значение показателя
1	Срок окупаемости капитальных вложений	$T_{\text{кап}}$	сезон (час)	0,063 (25,2)
2	Себестоимость работ:			
	- базовой (ручной)	I_b	руб./кг	62,96
	- новой (механизированной)	I_n	руб./кг	37,48
	- снижение	–	%	40,4
3	Трудоемкость работ			
	- для базовой (ручной)	Z^b_m	чел-ч/кг	0,33
	- для новой (механизированной)	Z^n_m	чел-ч/кг	0,20
	- снижение	–	%	66,5
4	Годовая экономия себестоимости механизированных работ	\mathcal{E}_c	тыс.руб.	50,96
5	Годовой экономический эффект	\mathcal{E}_2	тыс.руб.	53,96
6	Капитализированная стоимость новой машины (верхний лимит цены)	C_l	тыс.руб.	169,23
7	Цена базового устройства	B_b	руб.	900
8	Цена новой машины	B_n	руб.	3200

При рыночной цене ягод черники 200-300 руб./кг за сезон (400 часов) сбор может составить 2000 кг, а экономический результат 400-600 тыс. руб. Допуская, что около 10% сбора урожая составят листья, некондиционные ягоды, различный сбор, то себестоимость товарного урожая составит около 360-540 тыс. руб. за сезон.

Следует отметить также и то обстоятельство, что экономические результаты получены в сравнении с техническим средством для сбора ягод (ручным ковшом – комбайном), а если учесть то, что в реальных условиях сбор ягод в горных условиях осуществляется вручную, без всяких приспособлений, то можно ожидать и более высоких экономических показателей.

5.3 Выводы

1. Экономическая оценка эффективности разработанного средства механизации сбора черники проведена путем сопоставления затрат на выполнение соответствующей технологической операции предлагаемой и существующей устройствами. Разработанное механизированное устройство для сбора черники сравнивается с существующим ручным ковшом (комбайном) финского производства, производительность которого на сборе черники примерно равна 3 кг за час чистой работы.

2. Результаты технико-экономической оценки разработанного устройства для сбора ягод черники, полученные путем сравнения затрат по базовой (ручной) и новой (механизированной) технологиям показал, что наблюдается существенное снижение себестоимости работ на 40,4%, трудоемкости - на 66,5%. Годовой экономический эффект составит 53,96 тыс. рублей, капитализированная стоимость устройства для сбора ягод – 169,23 тыс. руб., срок окупаемости дополнительных капитальных вложений 0,063 года (сезона) или 25,2 часа чистой работы.

3. Учитывая горные условия эксплуатации нового устройства, в которых производительность сбора ягод черники может значительно уменьшиться, за счет увеличения времени поиска новых кустов, переходов от одного куста к

другому, неудобств, связанных с пересеченной местностью и т.д. принимаем коэффициент использования времени смены в пределах 0,4-0,5. Тогда срок окупаемости устройства для сбора ягод черники может составить 50,4 – 63 ч, т.е. примерно 7-9 дней эксплуатации.

4. Следует отметить также и то обстоятельство, что экономические результаты получены в сравнении с техническим средством сбора ягод (ручным ковшом – комбайном), а если учесть то, что в реальных условиях сбор ягод в горных условиях осуществляется вручную, без всяких приспособлений, то можно ожидать и более высоких экономических показателей.

5. Рекомендации производству позволят спроектировать устройство для сбора ягод черники согласно результатам проведенных исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ современных технологий и средств сбора ягод черники показал, что данная операция повсеместно выполняется вручную. Все существующие технические средства для сбора ягод черники выполнены в виде ковша, снабженного счесывающим элементом, и они лишены механического привода, что существенно ограничивает производительность труда. Особую актуальность приобретает сбор ягод черники в горных условиях с использованием механизированного устройства.

2. Обоснована конструктивно-технологическая схема устройства для осуществления механизированной технологии сбора ягод черники в горных условиях. Привод устройства электрический, от аккумуляторной батареи, напряжением 12В. Устройство позволяет проводить съем ягод на пересеченной местности с уклоном до 35° .

3. Исследованы размерные показатели ветвей и ягод черники, а также их физико-механические свойства в горных условиях: высота кустов – 170...260 мм; толщина плодоносного слоя – 25...110 мм; усилие отрыва листьев – 0,52...1,42 Н; диаметр ягод – 6,7...12 мм; высота ягод – 5,4...9,6 мм; усилие отрыва ягод от ветвей -0,41...1,21 Н. Установлены распространение, занимаемые площади (более 1000 га) и урожайность (до 800 кг/га) черники кавказской в РСО-Алания.

4. Кинематическое исследование механизма устройства для съема и подачи ягод в собственный бункер позволило определить параметрические уравнения траектории движения, скоростей и ускорений характерных точек счесывающего барабана. Установлены рациональные значения параметров бункера и барабана: радиус – 0,06 м; высота – 0,085 м, длина – 0,12 м; диаметр прутка счесывающего барабана – 3 мм; межпрутковый зазор – 3 мм; высота прутков – 0,06 м; угловая скорость вращения барабана -3,4... 4,7 рад/с; поступательная скорость устройств – до 0,15 м/с; потребная мощность на привод устройства – не менее 23,1 Вт.

5. Моделирование рабочего процесса устройства для сбора ягод черники в полевых условиях с использованием методики многофакторного эксперимента позволило установить его оптимальные параметры и режим работы: угловая скорость вращения барабана – 5,22...6,19 рад/с; диаметр прутка счесывающего барабана – 1,92...2,16 мм; зазоры между прутками – 2,68...3,60 мм. При этих параметрах повреждаемость ягод минимальна – 3,3%.

6. Проверочные испытания устройства в производственных условиях подтвердили его работоспособность, эргономичность, уточнили скорость вращения барабана (50 об/мин вместо 60 об/мин), а также его производительность – 5,06 кг/ч. Повреждаемость ягод составила 2,8% (при моделировании – 3,3%), а засоренность собранного урожая – 2,2%, ее отклонение в сравнении с ручным сбором составило $\pm 0,2\%$.

7. Результаты технико-экономической оценки разработанного устройства для сбора ягод черники, полученные путем сравнения затрат по базовой (ручной) и новой (механизированной) технологиям, показали, что наблюдается существенное снижение себестоимости работ на 40,4%, трудоемкости – на 66,5%. Годовой экономический эффект составил 53,96 тыс. рублей, капитализированная стоимость устройства для сбора ягод – 169,23 тыс. руб., срок окупаемости дополнительных капитальных вложений – 0,063 года (сезона) или 25,2 часа чистой работы.

8. Следует отметить также и то обстоятельство, что экономические результаты получены в сравнении с ручным ковшом – комбайном, а если учесть то, что в реальных условиях сбора ягод в горных условиях осуществляется вручную без всяких приспособлений, то можно ожидать и более высоких экономических показателей.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

Предлагаем изготовить устройство для сбора ягод черники с следующими параметрами:

1. Тип устройстваручной с электроприводом
2. Напряжение питания привода12 В
3. Емкость аккумуляторной батареи (на день работы).....7 Ач.
4. Потребная мощность привода..... 25 Вт
5. Обороты выходного вала мотор-редуктора
привода барабана.....45...75 об/мин
6. Ширина захвата.....0,12 м
7. Число гребёнок..... 3
8. Габаритные размеры:
 - длина (с штангой)1,2...1,7 м
 - ширина.....0,16 м
 - высота (рабочего органа без штанги).....0,24 м
9. Масса (без источника питания).....1,35 кг

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеева, Х.А. Биология прорастания семян черники обыкновенной /Х.А.Алексеева //Брусничные в СССР: Ресурсы, интродукция, селекция: Сб. науч. тр.– Новосибирск, 1990. – С. 133-139.
2. Агроклиматический справочник по Северо-Осетинской АССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – 120 с.
3. Ареалы лекарственных и родственных им растений СССР: Атлас. – Л., 1990. – 222 с.
4. Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР. – М., ГУГК, 1983. – 340 с.
5. Губанов, И.А. Лекарственные растения: Справочник./И.А.Губанов – М.: Наука, 1993.– 275 с.
6. Ладынина, Е.А. Фитотерапия. / Е.А.Ладынина, Р.С.Морозова – Л.: Медицина, 1990. – 304 с.
7. Попов, А.П. Лекарственные растения в народной медицине./ А.П.Попов – Киев: Здоровье, 1994.– 208 с.
8. Куликов, И.М. Техническое оснащение современного промышленного садоводства и перспективы его совершенствования /И.М. Куликов, Ю.А.Утков, В.В. Бычков// Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2010. -№5. – С.3-8.
9. Лачуга, Ю.Ф. Состояние и перспективы производства специализированных машин для промышленного садоводства России / Ю.Ф. Лачуга// Мичуринск: Вестник МичГАУ. – 2012. – №3. – С.12-19.
10. Завражнов, А.И. Система технологий и машин для интенсивного садоводства России/ А.А. Завражнов, В.Ю. Ланцев// 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 В.П. Горячкина (Москва, ВИМ, 17-18 сентября 2013 г.). – М.: ВИМ. – Ч.1. – 2013. – С. 137-140.

11. Завражнов, А.А. Современная система машин для садов интенсивного типа./ А.А. Завражнов, А.И. Завражнов, В.Ю. Ланцев // Научно-практические основы повышения эффективности садоводства для улучшения структуры питания населения отечественной экологически безопасной плодоовощной продукцией: Материалы научно-практической конференции 4-6 сентября 2014 г. – Мичуринск-наукоград РФ, 2014. – С.46-56.

12. Изобретатели и рационализаторы – садоводам: Справочник / И.В. Беренштейн// – Симферополь, «Таврия», 1989. – 208 с.

13. Новые технологии и технические средства для механизации работ в садоводстве. / Под ред. В.Ф. Федоренко// – Москва: ФГБНУ «Росинформмагротех». – 2012. – 164 с.

14. Система машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства на период до 2020 года/ Ю.Ф. Лачуга, И.В. Горбачев, А.Ю. Измайлов и др. //Растениеводство. – М.: ВИМ, 2012. –Т. 1. – 304 с.

15. Машины для механизации работ в садоводстве / Каталог. Под ред. И.М. Куликова. – М., 2005. – 120 с.

16. Смирнов, И.Г. Нормативно-техническая база данных машин для современных технологий промышленного садоводства/ И.Г. Смирнов, Д.О. Хорт, Р.А. Филиппов// Система технологий и машин для инновационного развития АПК России: Сб. докл. Междунар. науч.-технич. конф. – Ч. 1. – М.:ВИМ, 2013. – С. 202-205.

17. Смирнов, И.Г. Новые принципы построения машинных технологий возделывания плодово-ягодных культур / И.Г. Смирнов. Д.О. Хорт// Инновационные технологии и техника нового поколения – основа модернизации сельского хозяйства: Сб. докл. Междунар. науч.-технич. конф. – М.:ВИМ, 2011. – С. 369-373.

18. Цымбал, А.А. Программирование урожая при автоматизированном проектировании агротехнологий возделывания черной смородины / А.А. Цымбал, Д.О. Хорт, И.Г. Смирнов// Сельскохозяйственные машины и технологии.

– 2011. – №1. – С. 18-21.

19. Бартенев, В.Д. и др. Изучение технологии ручного способа уборки облепихи./ В.Д. Бартенев. – Тр. Алт. политехн. ин-та им. И.И. Ползунова. – Барнаул, 1975. Вып. 55.

20. Бартенев, В.Д. Механизация возделывания насаждений облепихи. / В.Д. Бартенев. В кн.: Облепиха в культуре. – Барнаул, 1970.

21. А.с. 382384 (СССР). Устройство для сбора ягод. Авт. изобрет. С.С. Гончаров. – Заявл. 01.11.71, № 1710344/30-15;Опубл. в Б.И., 1973, №23. МКИ АОІД19/00 УДК 631.358.1: 634.7 (088.8)

22. А.с. 712060 (СССР). Устройство для съема ягод при их ручном сборе/Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко; Авт. изобрет. В.С. Путов, А.А. Михайлов. – Заявл. 04.11.76, № 2417602/ 30-15;Опубл. в Б.И., 1980, №4. МКИ АОІД46/00 УДК 631.358.1: 634.7 (088.8)

23. А.с. 680684 (СССР). Устройство для сбора ягод; Авт. изобрет. В.И. Алексеев, Г.И. Галкин, Ю.Г. Столяренко. – Заявл. 16.06.77, № 2497140/ 30-15;Опубл. в Б.И., 1979, №31. МКИ АОІД46/00 УДК 631.358.1

24. Варламов, Г.П. и др. К вопросу механизированной уборки ягод облепихи. / Г.П. Варламов // Тракторы и сельхозмашины, 1981. – №2. – С. 21

25. А.с. 471089 (СССР). Пневматическая насадка для съема ягод; Авт. изобрет. С.Н. Ковалев – Заявл. 24.01.74. № 1985301/ 30-15;Опубл. в Б.И., 1975, №19. МКИ АОІД19/00 УДК 631.358.1:634.7(088.8)

26. Бахарев, Б.В. и др. К вопросу механизации сбора урожая облепихи. – Научн. труды Новосиб. плодово-ягодной опыт станции им. И.В. Мичурина. / Б.В. Бахарев и др. – Новосибирск, 1975. – Вып. II

27. Semovente Jolly DS/DT per colture a spallera O a Vaso. CANDI 44010 ospital MONACALE Via chiesa, 1/A FERRARA (ITALI).

28. Gzophazvester platform «Plum-D-Trak» - Arboricfruitiere, №304, 1979 (Holland).

29. Даштоян, А.А. и др. Состояние и перспективы механизации уборки

облепихи. / А.А. Даштоян и др. // Механизация и электрификация соц. сельского хозяйства, 1978. – №8.

30. Gooke J.R., Rand R.H. Vibratory Fruit – Harvesting: A Linear Theory of Fruit – stem Dynamics. – Journal of agricultural Engineering Research, 1969, vol., 14, №3, P. 195...209.

31. Juvg C. And Fridley R.B. Computer simulation of vibration of whole Tree systems using finite element methods.- American Society of agricultural Engineers, 1974, paper №74 -1034p using finite element methods.- American Societe of agricultural Engineers, 1974, №74. – 1034p

32. Miller W.M., Morroy C.T. Vibrational Characterization of the Apple – stem sistem with Respect to stem separation. – Transacations of the ASAE, 1976, 5-6, vol.19, №3, p. 409

33. А.с. № 917781 СССР. Секатор [Текст] /А.И. Гаппоев, Б.Г. Джанаев (СССР). – 917781; опубл. Б.И. №13, 1982. – 4 с.

34. Гаппоев, А.И. Секатор [Текст] / А.И. Гаппоев, Б.Г. Джанаев // Информ. листок № 22-85. Северо-Осетинский ЦНТИ. – Орджоникидзе, 1984. –3с.

35. Кульчиев, Б.Х. и др. Изыскание и исследование рабочих органов для механизированной уборки плодов и ягод в садах [Текст]: / Б.Х. Кульчиев и др. Отчет о НИР Горского СХИ. – Орджоникидзе, 1989. – 250 с.: ил.

36. Патент РФ №1724084. Устройство для обрезки ветвей деревьев и кустарников [Текст]/ Р.М. Тавасиев, У.К. Касаев, И.М. Тавасиев; заявл. 22.06.1989; опубл. 07.04.1992, Бюл. №13. – 3с.: ил.

37. Тавасиев, Р.М. Обрезчик деревьев [Текст] / Р.М. Тавасиев. Инф. листок. СО МТЦ ЦНТИ № 15-92.– Владикавказ: ЦНТИ, 1992. – 4 с.

38. Тавасиев, Р.М. Агрегат для работы в питомниках [Текст] / Р.М.Тавасиев. Инф. листок. СО ЦНТИ № 14-92. – Владикавказ: ЦНТИ, 1992. – 5 с.

39. Тавасиев, Р.М. Разработка средств малой механизации для АПК [Текст] /Р.М. Тавасиев, Э.С. Кокоев // Известия Горского государственного аграрного университета, Т. 38. – Владикавказ: ГГАУ, 2002. – С.74-76.

40. Тавасиев, Р.М. Определение оптимального режима работы обрезчика ветвей [Текст] /Р.М. Тавасиев, К.Д. Кудзиев, О.И. Туриев // Известия Горского государственного аграрного университета, Т.40. – Владикавказ: ГГАУ, 2003. – С.41-47.
41. Тавасиев, Р.М. Испытание гидропривода секаторов ветвей на герметичность и надежность [Текст] /Р.М. Тавасиев, К.Д. Кудзиев, О.И. Туриев // Известия Горского государственного аграрного университета, Т. 40.– Владикавказ: ГГАУ, 2003. – С. 47-52.
42. Варламов, Г.П. Машины для формирования кроны и уборки урожая плодово-ягодных культур [Текст] / Г.П. Варламов, И.М. Федотов и др. // – М.: Машиностроение, 1975. – 206 с., ил.
43. Варламов, Г.П. Состояние и тенденции развития конструкции машин для уборки фруктов [Текст] / Г.П. Варламов, Б.Г. Волков и др. // Обзор ЦНИИТЭИ Тракторсельхозмаш. – М., 1979. – 56 с.: ил.
44. Буш, Н.А. Систематика высших растений. / Н.А. Буш – М., – 1959. – 536 с.
45. Гроссгейм, А.А. Растительные богатства Кавказа./А.А.Гроссгейм. – М.: Наука, 1952. –631 с.
46. Буш, Е.А. Vacciniaceae - Флора СССР. / Е.А.Буш, А.И. Пояркова – М.; Л., 1952. –Т. 18. – С. 93-104.
47. Соколов, С.Я. Экологическая и ценотическая классификация древесных и кустарниковых пород Абхазии/ С.Я.Соколов// Абхазия. Геоботанический и лесоводственный очерк. – М.; Л., 1936. – С. 157-176.
48. Галушка, А.И. Флористические районы Центрального Кавказа / А.И. Галушка // Флора Северного Кавказа. – Ставрополь, 1976. – С. 7-36.
49. Долуханов, А.Г. Лесная растительность Грузии. / А.Г. Долуханов – Тбилиси: Мецниереба, 1989. – 291 с.
50. Амирханов, А.М. Растительность Северо-Осетинского государственного заповедника: / А.М. Амирханов. Автореф. дис.... канд. биол. наук. – М., 1978.–19 с.

51. Амирханов, А.М. Новейшие данные исследований флоры и растительности бассейна р. Ардон (Центральный Кавказ) / А.М. Амирханов, А.Л. Комжа // Опыт исследования растительных сообществ в заповедниках. – М., 1988. – С. 128-130.
52. Будун, А.С. Природа, природные ресурсы Северной Осетии и их охрана. / А.С. Будун. – Владикавказ: РИО, 1994. – 254 с.
53. Гулисашвили, В.З. Происхождение древесной растительности субтропического и умеренного климата и развитие ее наследственных особенностей. / В.З. Гулисашвили. – Тбилиси, 1967. – 198 с.
54. Чхетиани, И.Д. Кавказская черника, ее биоэкологические особенности и хозяйственное значение / И.Д. Чхетиани: Дисс... канд. биол. наук. – Тбилиси, 1983. – 175 с.
55. Калинина, А.В. Площади распространения и урожайность черники кавказской и малины обыкновенной в Краснодарском крае / А.В. Калинина, Б.П. Шевцов // Лесохозяйственная информация: Научно-технический информационный сборник. – М., 1994. – Вып. 4. – С. 32-36.
56. Калинина, А.В. Урожайность черники кавказской. Лесохозяйственная информация. / А.В. Калинина. Научно-техн. информ. сб. – М., 1990. – №7. – С. 55.
57. Калинина, А.В. Площади распространения и урожайность черники кавказской и малины обыкновенной в Краснодарском крае. Научно-техн. информ. сб. / А.В. Калинина, Б.П. Шевцов, 1994. – Вып. 4. – С. 32-36.
58. Соколов, С.Я. Экологическая и ценотическая классификация древесных и кустарниковых пород Абхазии / Соколов, С.Я. // Абхазия. Геоботанический и лесоводственный очерк. – М. – Л., 1936. – С. 157-176.
59. Холявко, В.С. Атлас древесных пород Кавказа. / В.С. Холявко, Д.А. Глоба-Михайленко, Е.С. Холявко – М., 1978. – 216 с.
60. Губанов, И.А. Дикорастущие полезные растения СССР. / И.А. Губанов. – М.: Мысль, 1976. – 360 с.

61. Турава, А.Д. Лекарственные растения СССР и Вьетнама. / А.Д. Турава, – М.: Медицина, 1987. – 464 с.
62. Телишевский, Д.А. Комплексное использование недревесной продукции леса. / Д.А. Телишевский. – М.: Лесная промышленность, 1986. – 261 с.
63. Булгаков, Н.К. Технология заготовки и переработки недревесных ресурсов леса. / Н.К. Булгаков, С.Н. Козьяков, А.В. Фесюк – М.: Лесная промышленность, 1987. – 224 с.
64. Молчанов, Г.И. Съедобные целебные растения Кавказа: Справочник. / Г.И. Молчанов, Л.П. Молчанова, Н.М. Гулька, А.Г. Молчанов, И.Ф. Сучков – Ростов-на-Дону: Изд-во Рост. ун-та, 1989. – 464 с.
65. Шретер, А.И. Лекарственная флора Кавказа. / А.И. Шретер, Д.А. Муравьева, Д.А. Пакалн, Ф.В. Ефимова – М.: Медицина, 1979. – 368 с.
66. Мжаванадзе, В.В. Фенольные соединения черники кавказской *Vaccinium arctostaphylos* L. / В.В. Мжаванадзе.: Дис ... канд. биол. наук. – Тбилиси, 1973. – 134 с.
67. Петров, В.П. Дикорастущие плоды и ягоды. / В.П. Петров. – М.: Лесная промышленность, 1987. – 248 с.
68. Краснов, В.П. Черника в лесах Житомирской области и пути повышения ее продуктивности: / В.П. Краснов: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Харьков, 1979. – 16 с.
69. Бгажба, М.Т. Растительные ресурсы Абхазии и их использование. / М.Т. Бгажба. – Сухуми, 1964. – 579 с.
70. Юдина, В.Ф. Брусника. / В.Ф. Юдина, К.Г. Колупаева, Т.В. Белогова – М.: Лесная промышленность, 1986. – 80 с.
71. www.velosnaryaga.ru
72. <http://www.kartravel.ru/page15.html>
73. http://ogorod01.narod.ru/sobirai_urozhai.html
74. <http://www.kanopus-kovrov.narod>
75. 24sell.ru/c207-99136.html

76. http://imgfotki.yandex.ru/get/3906/madmechanic.25/0_359c9_547b5aca_L.jpg

77. Тарасов Г. П. Устройство для сбора ягод. Патент РФ № 2042313, кл. А01D46/00, опубл. в БИ 27.08.1995.

78. Карташова, Л.В. и др. Товароведение продовольственных товаров растительного происхождения. / Л.В. Карташова. – М.: Деловая литература, 2014. – 816 с

79. Мелькина Г.М. и др. Введение в технологию продуктов питания. / Г.М. Мелькина и др. – М.: КолосС, 2013. – 248 с.

80. Личко Н.М. и др. Технология переработки продукции растениеводства. / Н.М. Личко и др. – М.: КолосС, 2013. – 616 с.

81. Патент Российской Федерации на полезную модель №147570, МПК АОИД 46/00. Устройство для сбора ягод / Тавасиев Р.М., Дзицкоев А.П., Цебоев Э.А., Корицина М.А., Лазаров Б.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО ГГАУ. – 2013150393/13; заявл. 12.11.2013; опубл. 10.11.2014. Бюл.№31. – 5 с.: ил.

82. Галушко, А.И. Флора Северного Кавказа. Определитель./ А.И. Галушко –Ростов н/Д., 1980. – Т.2. – 352 с.

83. Олисаев, В.А. Леса / В.А. Олисаев // Растительный мир. – Владикавказ, 2000. – С. 383-394.

84. Фидарова, А.Ч. Распространение, биоэкологические особенности и ресурсы черники кавказской в Республике Северная Осетия-Алания/ А.Ч. Фидарова.: Дисс. канд. биол. наук. – Владикавказ, 2006 . – 135 с.

85. Гедых, В.Б. Инструментальное исследование неоднородности зарослей ягодников /В.Б. Гедых// Брусничные в СССР: Ресурсы, интродукция, селекция: Сб. науч. тр. – Новосибирск, 1990. – С. 54-58.

86. Курлович, Л.Е. Руководство по учету и оценке второстепенных лесных ресурсов и продуктов побочного пользования. / Л.Е. Курлович, Г.В. Николаев, А.Ф. Черкасов, В.Н. Косицын – М., 2003. –310 с.

87. Дзицкоев, А.П. Определение некоторых размерных показателей и физико-механических свойств ягод черники / А.П. Дзицкоев // Садоводство и виноградарство- 2014. - №1. – С. 45-48
88. Веденяпин, В.Г. Общая методика экспериментального исследования и обработки данных. /В.Г.Веденяпин. – М.: Колос,1973 – 224с.
89. Чистяков, В.П. Курс теории вероятностей. /В.П. Чистяков. – М.: Глав. ред. физ. мат. лит.изд. Наука, 1978. – 224с.
90. Коваленко, И.Н. Теория вероятностей и математическая статистика./ И.Н. Коваленко, А.А. Филиппова – М.: Высшая школа, 1973.
91. Большев, Л.Н. Таблицы математической статистики./ Л.Н. Большев, Н.В. Смирнов. –М., 1965.
92. Венецкий, И.Г. Вариационные ряды и их характеристика. / И.Г. Венецкий. – М., 1970.
93. Фишер, Р.А. Статистические методы для исследователей. / Р.А. Фишер. – М.,1958.
94. Математическая статистика: Учебник /В.М. Иванова, В.Н. Калинина, Л.А. Нешумова и др. – 2-у изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1981. – 371с., ил.
95. Горлач, Б.А. Теория вероятностей и математическая статистика. Учебное пособие для вузов / Б.А. Горлач – СПб.: Лань,2013 – 320 с.
96. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Учебное пособие для вузов /В.Е. Гмурман. – 6-е изд. – М.: Высшая школа, 1998. – 479 с.
97. Гмурман, В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. Учебное пособие для вузов / В.Е. Гмурман – 4 – е изд. – М.: Высшая школа, 1998. – 400 с.
98. Кулов, Р.Д. Задачник по теории вероятностей с решениями и ответами – учебное пособие для ВУЗов /Р.Д. Кулов. – Владикавказ, 1994. – 92 с.

99. Лачуга, Ю.Ф. Прикладная математика. Нелинейное программирование в инженерных задачах. / Ю.Ф. Лачуга, В.А. Самсонов, О.Н. Дидманидзе – М.: Колос, 2001. – 288 с.
100. Дзиццоев, А.П. Обоснование конструктивно-технологической схемы устройства для сбора ягод/ А.П. Дзиццоев // Известия Горского государственного аграрного университета – Владикавказ, 2013. – Т.50, Ч. 3. – С. 164-168.
101. Дзиццоев, А.П. Кинематическое исследование механизма устройства для съема и подачи ягод в емкость / А.П. Дзиццоев// Известия Горского государственного аграрного университета. – 2013. – Т.50. – Ч. 3. – С.168-171.
102. Яблонский, А.А. Курс теоретической механики: Учебник. Статика, кинематика, динамика. /А.А.Яблонский. – СПб: Лань, 2004. – 768 с.
103. Бать, М.И. Теоретическая механика в примерах и задачах. Статика и кинематика: Учебное пособие. / М.И. Бать, Г.Ю. Джанелидзе, А.С. Кельзон. - 12-е изд. – СПб.:Лань, 2013. –672 с.
104. Мещерский, И.В. Задачи по теоретической механике: Учебное пособие. 51-е изд., стер./ Под ред. В.А.Пальмова, Д.Р. Меркина. – СПб.: Лань, 2012.-448с.
105. http://www.math.com.ua/mathdir/tab1_diff.html. Таблица производных функций.
106. Дзиццоев, А.П. Конструктивно-технологические параметры устройства для сбора ягод/ Р.М. Тавасиев, А.П. Дзиццоев // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2016. – Т.53. – Ч. 2. – С.128-133.
107. Берман Г.Н. Циклоида. – М.: Наука, 1980.- 112 с.
108. Маркушевич А.И. Замечательные кривые. – М.: Наука. – вып. 4. , - 1978. - 32 с.
109. <http://andriuha077.narod.ru/cadlecgearing.html>
110. Отчет о выполнении НИОКР по теме: «Исследование и разработка экспериментального образца механизированного устройства для сбора ягод» [Текст]/ Р.М. Тавасиев, А.П. Дзиццоев и др./ гос.рег. №01201174672. – М.: ФГИУ «ЦИТИС», 2012, – 91 с.

111. Дзицкоев, А.П. Параметры прутка счесывающей гребенки устройства для сбора ягод. [Текст]/ А.П. Дзицкоев // Перспективы развития АПК в современных условиях. Материалы 6-й Международной научно-практической конференции. 7-8 апреля 2016. – Владикавказ, 2016. – С. 175-178.

112. Мельников, С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. / С.В. Мельников, В.Р.Алешкин, П.М. Рощин. – Ленинград: Колос, 1980. – 166 с.

113. ОСТ 10 2.2 – 2002. Испытания сельскохозяйственной техники. – М.: Методы энергетической оценки, 2002.

114. Вознесенский, В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях./В.А. Вознесенский – М.: Статистика, 1974. – 192 с.

115. Насимов, В.В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. /В.В. Насимов, Н.А. Чернова – М.: Наука, 1965. – 184 с.

116. Хикс, Ч.Р. Основные принципы планирования эксперимента. /Хикс, Ч.Р. – М.: Мир, 1967. – 154 с.

117. Адлер, Ю.П. Введение в планирование эксперимента. / Ю.П. Адлер – М.: Металлургия, 1969. – 168 с.

118. Дзицкоев, А.П. Исследовательские испытания устройства для сбора ягод/ А.П. Дзицкоев, Г.С. Биченов // Известия Горского государственного аграрного университета. – Владикавказ, 2013. – Т.50, Ч. 4. – С. 146-151.

119. Дзицкоев А.П. Оптимизация параметров лабораторного образца устройства для сбора ягод черники / А.П. Дзицкоев, Б.В. Лазаров // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2013. – Т.50. – Ч. 4. – С.151-155.

120. ГОСТ 28728-88 – ГОСТ 23730-88. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки [Текст]. – М.: Издательство стандартов, 1988. –66 с.

121.ОСТ 102.18-2001. Стандарт отрасли. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы экономической оценки [Текст]. – М.: Минсельхоз России, 2001. – 178 с.

122. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники [Текст]. Ч. I. Нормативно-справочный материал. – М., 1998. – 156 с.

123. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники [Текст]. Ч. II. Нормативно-справочный материал. – М., 1989. – 208 с.

124. Научно-практические основы ускорения импортозамещения продукции садоводства //Материалы научно-практической конференции. 7-9 сентября 2017 года.– Мичуринск – Научоград., 2017. – С.283-286.



НАУЧНО-
ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ
ВНЕДРЕНЧЕСКОЕ
ПРЕДПРИЯТИЕ
«НАУКА»
362015, РСО-Алания,
г. Владикавказ
ул. Грибоедова, д. 15
тел/факс: (8672)52-47-09

Утверждаю

Директор научно-производственного
внедренческого предприятия «Наука»



Л.З. Засеев

2018 г.

Акт

внедрения результатов научно-исследовательской работы

Настоящим актом подтверждаем, что результаты научно-исследовательской работы по совершенствованию технологии механизированного сбора ягод черники, полученные Дзищоевым Аркадием Павловичем в период 2012 – 2017 гг. внедрены в научно-производственное внедренческое предприятие «Наука» (362015, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Грибоедова, 15) и применяются в научно-исследовательской, опытно-конструкторской и опытно-технологической деятельности.

Экспериментальные образцы устройств для сбора ягод черники с механизированным приводом прошли апробацию в производственных условиях в горных районах РСО-Алания (Ирафский район, Дигорское ущелье, окрестности пос. Мадзаска).

Эксплуатация устройств для сбора ягод черники подтвердила их высокую эффективность при низких затратах труда и энергии на единицу продукции.

Для производства устройств для сбора ягод черники были рекомендованы следующие параметры и характеристики:

Тип устройства – ручной с электроприводом;

Рабочее напряжение – 12 В;

Емкость аккумуляторной батареи (на день работы) – 7 А·ч;

Потребная мощность привода – до 25 Вт.

Скорость вращения счесывающего барабана – 45...75 мин⁻¹.

Ширина захвата – 0,1 м.

Масса (без источника питания) – 1,4 кг.

Габаритные размеры:

- длина – 1,2...1,7 м;
- ширина – 0,16 м;
- высота (рабочего органа) – 0,24 м.

Рекомендовано также, чтобы элементы и детали устройства, в основном, были изготовлены из прочных полимеров, для снижения массы устройства.

В план внедрения разработок включено устройство для сбора ягод черники, ориентировочная потребность в них в Северо-Кавказском регионе составляет около 2...3 тыс. *ед.* в год.

Руководитель проекта, д.т.н.,
профессор



Р.М. Тавасиев

Научные сотрудники:



Т.С. Козаев



М.А. Корытина



Р.К. Алиев



Ассоциация крестьянских (фермерских) хозяйств и сельскохозяйственных кооперативов России (АККОР)

Ассоциация крестьянских (фермерских) хозяйств, кооперативов и других малых производителей сельхозпродукции Республики Северная Осетия-Алания (АККОР)

362027, г. Владикавказ, ул. Фрунзе, 24

тел. (8672) 500-819
факс (8672) 500-819

ИНН 6163049941 Р/сч 40703810300000000008 к/сч 30101810400000000938 Стелла-банк БИК 046015938 ОКОНХ 97950 ОКПО 46573304

№ 20 от 15.09.2016 г.

Справка

Выдана в том, что основные результаты исследований, проведенных Дзицоевым А.П. по теме «Совершенствование технологии и разработка механизированного устройства для сбора ягод черники», приняты ассоциацией крестьянских (фермерских) хозяйств, кооперативов и других малых производителей Республики Северная Осетия-Алания (АККОР) и используются для внедрения в хозяйствах ассоциацией путем рекламы, организации семинаров, выставок, ярмарок.

Учитывая высокую эффективность разработанного устройства и его невысокую стоимость есть все основания полагать, что оно найдет широкое применение не только на сборе ягод в горных условиях, но и на равнинных плантациях ягод.

Потребность в предлагаемых устройствах только в РСО-Алания составляет не менее 500 единиц.



И.Р. Кадзаев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 147570

УСТРОЙСТВО ДЛЯ СБОРА ЯГОД

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Горский государственный аграрный университет" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2013150393

Приоритет полезной модели **12 ноября 2013 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации **08 октября 2014 г.**

Срок действия патента истекает **12 ноября 2023 г.**

Врио руководителя Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Л.Л. Кирий



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) **RU** (11) **147 570** (13) **U1**

(51) МПК
A01D 45/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ОПИСАНИЯ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(122) Заявка 2013150393/13, 12.11.2013
 4) Дата начала отсчета срока действия патента
 12.11.2013
 (приоритеты)
 (12) Дата подачи заявки 12.11.2013
 (15) Опубликовано 10.11.2014 Бюл. № 31
 адрес для переписки
 362040, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Кирова,
 37, ФГБОУ ВПО "Горский государственный
 аграрный университет"

(72) Авторы:
 Тавадиев Рамазан Мухамедович (RU),
 Джицкоев Аркадий Павлович (RU),
 Цебов Эдуард Алиханович (RU),
 Кораткина Мадина Александровна (RU),
 Лазаров Батраз Владимирович (RU)

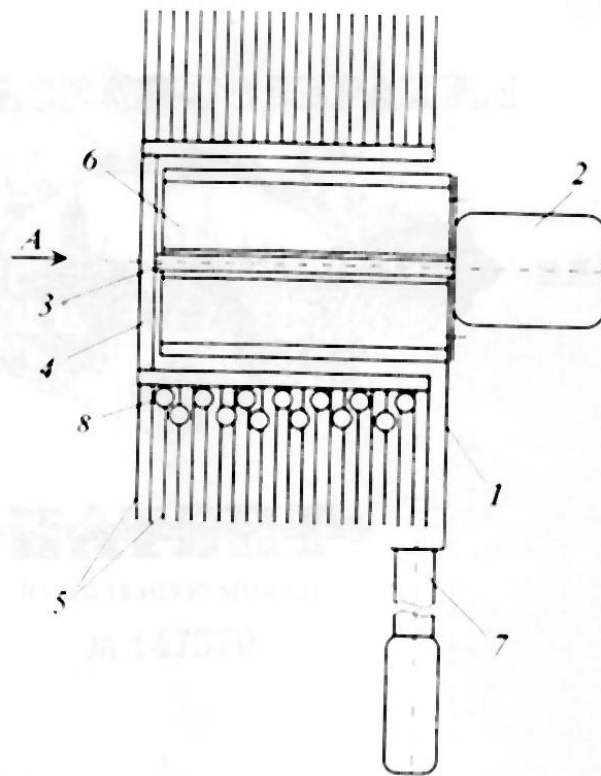
(73) Патентообладатель:
 Федеральное государственное бюджетное
 образовательное учреждение высшего
 профессионального образования "Горский
 государственный аграрный университет"
 (RU)

RU 147570 U1

54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ СБОРА ЯГОД

(57) Формула полезной модели

Устройство для сбора ягод, содержащее корпус с рукояткой, бункер и смешивающее устройство, отличающееся тем, что корпус снабжен неподвижно установленным на нем электродвигателем, при этом смешивающее устройство выполнено в виде установленного на валу электродвигателя барабана с гребенками, расположенными по периферии барабана, а бункер расположен внутри барабана.



RU 147570 U1

Изобретение относится к фильтрам для очистки жидкостей и газов, а именно к фильтрам для очистки жидкостей и газов, содержащим в качестве фильтрующего материала пористый материал.

Известно устройство для очистки жидкостей и газов, содержащее в качестве фильтрующего материала пористый материал.

Известно устройство для очистки жидкостей и газов, содержащее в качестве фильтрующего материала пористый материал, в котором пористый материал имеет форму пористого материала.

Известно устройство для очистки жидкостей и газов, содержащее в качестве фильтрующего материала пористый материал, в котором пористый материал имеет форму пористого материала.

Фиг. 1

Размерные показатели кустов и ягод черники

Таблица 1 – Результаты измерений высоты кустов черники h

Значение h_i , мм									
245	220	215	220	225	215	220	210	210	245
220	170	185	245	250	235	225	240	200	200
235	185	190	235	190	245	220	195	225	205
230	190	195	230	215	205	200	235	225	200
260	215	250	230	215	215	205	230	205	195
Частоты значений h_i в интервалах, шт									
170- 180	180- 190	190- 200	200- 210	210- 220	220- 230	230- 240	240- 250	250- 260	260- 270
1	2	6	7	9	9	8	5	2	1

Таблица 2 – Определение расчетного значения критерия Пирсона для интервального вариационного ряда высоты кустов черники

№	x_i	x_{i+1}	m_i	t_1	t_2	Φ_1	Φ_2	p_i	np_i	$(m_i - np_i)^2 / np_i$	
1	170,0	180,0	1	-2,462	-1,959	-0,9849	-0,9488	0,01805	0,9025	0,010533241	
2	180,0	190,0	2	-1,959	-1,4562	-0,9488	-0,8557	0,04655	2,3275	0,04608217	
3	190,0	200,0	6	-1,456	-0,9534	-0,8557	-0,6679	0,939	4,695	0,362731629	
4	200,0	210,0	7	-0,953	-0,4505	-0,6679	-0,3759	0,146	7,3	0,012328767	
5	210,0	220,0	9	-0,451	0,0523	-0,3759	0	0,18795	9,3975	0,016813647	
6	220,0	230,0	9	0,0523	0,5551	0	0,3688	0,1844	9,22	0,005249458	
7	230,0	240,0	8	0,5551	1,058	0,3688	0,6629	0,14705	7,3525	0,057022271	
8	240,0	250,0	5	1,058	1,5608	0,6629	0,8529	0,095	4,75	0,013157895	
9	250,0	260,0	2	1,5608	2,0636	0,8529	0,9476	0,04735	2,3675	0,057045935	
10	260,0	270,0	1	2,0636	2,5664	0,9476	0,9845	0,01845	0,9225	0,00651084	
Σ			50				0,98			0,587475853	
										$\chi^2_{расч}$	0,59
										$\chi^2_{k=7; \alpha=0,05}$	14,1
\bar{X}	218,96	S				19,8874					

Таблица 3 – Результаты измерений толщины плодоносного слоя кустов черники b

Значение b_i , мм									
75	65	70	45	70	110	55	90	60	70
55	50	80	105	85	40	80	40	60	85
75	35	60	70	70	90	30	95	50	50
65	35	55	55	30	50	45	35	65	75
45	85	70	40	60	25	55	60	80	85
Частоты значений b_i в интервалах, шт									
20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	100-110	110-120
1	5	6	9	8	9	7	3	1	1

Таблица 4 – Результаты измерений усилия отрыва листьев черники q

Значение q_i н									
1,06	1,19	0,83	1,15	1,36	1,05	0,90	1,20	1,18	1,05
0,94	1,08	1,35	0,58	0,87	1,28	1,02	0,98	0,73	1,40
1,22	0,52	0,99	1,09	1,10	0,71	1,42	0,65	1,37	1,00
1,29	1,14	1,27	1,20	0,98	1,08	0,90	0,85	1,10	0,79
0,82	1,06	0,98	0,60	1,17	1,18	1,21	1,32	0,94	1,28
Частоты значений q_i в интервалах, шт									
0,5-0,6	0,6-0,7	0,7-0,8	0,8-0,9	0,9-1,0	1,0-1,1	1,1-1,2	1,2-1,3	1,3-1,4	1,4-1,5
2	2	3	4	8	9	8	8	4	2

Таблица 5 – Результаты измерений диаметра ягод черники черники d

Значение d_i									
10,4	11,2	10,3	9,9	9,6	10,5	9,3	10,4	8,8	10,6
8	9,8	11	9,2	10,2	8,6	7	9,8	10,2	12
8,9	9,1	9	9,8	6,7	11	8,9	7,6	9,4	8,3
8,6	8,5	8	9,3	9,2	9,5	7,6	10	9,8	9,8
9,5	8,7	8,5	7,6	7,4	9,8	10,4	8,6	8	10,8
Частоты значений d_i в интервалах, шт									
6,7	7,23	7,76	8,29	8,82	9,35	9,88	10,41	10,94	11,47
7,23	7,76	8,29	8,82	9,35	9,88	10,41	10,94	11,47	12
2	4	3	8	8	9	9	3	3	1

Таблица 6 – Определение расчетного значения критерия Пирсона для интервального вариационного ряда диаметра ягод черники

N_i	x_i	x_{i+1}	m_i	t_1	t_2	Φ_1	Φ_2	p_i	np_i	$(m_i - np_i)^2 / np_i$
1	6,7	7,23	2	-1,798	-2,258	-0,928	-0,976	0,024	1,2	0,533
2	7,23	7,76	4	-1,338	-1,798	-0,82	-0,928	0,054	2,7	0,626
3	7,76	8,29	3	-0,878	-1,338	-0,621	-0,82	0,0995	4,975	0,784
4	8,29	8,82	8	-0,418	-0,878	-0,325	-0,621	0,148	7,4	0,049
5	8,82	9,35	8	0,042	-0,418	0,032	-0,325	0,1785	8,925	0,096
6	9,35	9,88	9	0,502	0,042	0,383	0,032	0,1755	8,775	0,006
7	9,88	10,41	9	0,961	0,502	0,683	0,383	0,15	7,5	0,300
8	10,41	10,94	3	1,421	0,961	0,844	0,683	0,0805	4,025	0,261
9	10,94	11,47	3	1,881	1,421	0,94	0,844	0,048	2,4	0,150
10	11,47	12	1	2,341	1,881	0,981	0,94	0,0205	1,025	0,001
Σ			50							2,805
									$\chi^2_{расч}$	2,805
									$\chi^2_{k=7; \alpha=0,05}$	14,1

Таблица 7 – Результаты измерений толщины ягод черники t

Значение t_i									
8	9,1	8,9	7,2	8,2	6,9	5,5	7,3	8,4	9,4
6,7	7,9	7	5,9	8,3	8,7	6,4	6	7,6	7,8
7,9	5,4	9,6	6,7	6,5	7,9	7,1	7	7,1	7,3
6,2	6,7	7,6	6,9	8,1	8,2	9	7,4	7	8
6,6	6	6,3	7,4	7,3	7,8	7,6	6,5	8,1	7,2
Частоты значений t_i в интервалах, шт									
5,4	5,82	6,24	6,66	7,08	7,5	7,92	8,34	8,76	9,18
5,82	6,24	6,66	7,08	7,5	7,92	8,34	8,76	9,18	9,6
2	4	5	8	9	8	7	2	3	2

Таблица 8 – Результаты измерений усилия отрыва ягод черники f

№	x_i	x_{i+1}	m_i	t_1	t_2	Φ_1	Φ_2	p_i	np_i	$(m_i - np_i)^2 / np_i$
1	5,4	5,82	2	-1,611	-2,042	-0,899	-0,963	0,032	1,6	0,100
2	5,82	6,24	4	-1,181	-1,611	-0,77	-0,899	0,0645	3,225	0,186
3	6,24	6,66	5	-0,750	-1,181	-0,547	-0,77	0,1115	5,575	0,059
4	6,66	7,08	8	-0,320	-0,750	-0,243	-0,547	0,152	7,6	0,021
5	7,08	7,5	9	0,111	-0,320	0,103	-0,243	0,173	8,65	0,014
6	7,5	7,92	8	0,541	0,111	0,438	0,103	0,1675	8,375	0,017
7	7,92	8,34	7	0,972	0,541	0,683	0,438	0,1225	6,125	0,125
8	8,34	8,76	2	1,402	0,972	0,706	0,692	0,007	0,35	7,779
9	8,76	9,18	3	1,833	1,402	0,943	0,858	0,0425	2,125	0,360
10	9,18	9,6	2	2,263	1,833	0,982	0,945	0,0185	0,925	1,249
Σ			50							9,911
									$\chi^2_{расч}$	9,911
									$\chi^2_{k=7; \alpha=0,05}$	14,1

Значение f_i, H									
0,89	0,78	0,97	1,07	0,81	1,17	0,66	0,87	0,95	0,85
0,57	0,88	0,75	0,64	0,93	0,61	0,98	0,71	1,19	0,68
0,62	1,08	0,41	1,10	1,03	0,50	1,05	1,13	0,84	0,90
0,99	0,69	1,21	0,90	0,55	0,76	0,86	0,62	0,92	0,82
0,70	0,80	0,96	0,77	0,87	1,00	0,72	0,97	0,85	0,79
Частоты значений f_i в интервалах, шт									

0,3- 0,4	0,4- 0,5	0,5- 0,6	0,6- 0,7	0,7- 0,8	0,8- 0,9	0,9- 1,0	1,0- 1,1	1,1- 1,2	1,2- 1,3
0	1	2	7	9	11	10	5	4	1

Таблица 8 – Определение расчетного значения критерия Пирсона для интервального вариационного ряда усилия отрыва ягод черники

N_i	x_i	x_{i+1}	m_i	t_1	t_2	Φ_1	Φ_2	p_i	np_i	$(m_i - np_i)^2 / np_i$
1	0,3	0,4	0	-2,423	-2,964	-0,984	-0,997	0,0065	0,325	0,325
2	0,4	0,5	1	-1,881	-2,423	-0,94	-0,984	0,022	1,1	0,009
3	0,5	0,6	2	-1,340	-1,881	-0,819	-0,94	0,0605	3,025	0,347
4	0,6	0,7	7	-0,798	-1,340	-0,576	-0,819	0,1215	6,075	0,141
5	0,7	0,8	9	-0,257	-0,798	-0,205	-0,576	0,1855	9,275	0,008
6	0,8	0,9	11	0,285	-0,257	0,22	-0,205	0,2125	10,625	0,013
7	0,9	1	10	0,826	0,285	0,593	0,22	0,1865	9,325	0,049
8	1	1,1	5	1,368	0,826	0,829	0,593	0,118	5,9	0,137
9	1,1	1,2	4	1,909	1,368	0,944	0,829	0,0575	2,875	0,440
10	1,2	1,3	1	2,451	1,909	0,986	0,944	0,021	1,05	0,002
Σ			50							1,472

$\chi^2_{расч}$	1,472
$\chi^2_{k=7; \alpha=0,05}$	14,1

Моделирование рабочего процесса

Таблица 1 – Расчетная матрица-алгоритм для коэффициентов регрессии

№ опыта	План			Расчетная матрица											
	x_1	x_2	x_3	\bar{Y}_u	x_1	x_2	x_3	x_1^2	x_2^2	x_3^2	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_2 x_3$	\hat{Y}_u	
1	+1	+1	0	4,34	+4,34	+4,34	0	+4,34	+4,34	0	+4,34	0	0	4,40	
2	-1	-1	0	5,46	-5,46	-5,46	0	+5,46	+5,46	0	+5,46	0	0	5,40	
3	+1	-1	0	4,08	+4,08	-4,08	0	+4,08	+4,08	0	-4,08	0	0	4,04	
4	-1	+1	0	4,81	-4,81	+4,81	0	+4,81	+4,81	0	-4,81	0	0	4,84	
5	+1	0	+1	4,17	+4,17	0	+4,17	+4,17	0	+4,17	0	+4,17	0	4,17	
6	-1	0	-1	4,41	-4,41	0	-4,41	+4,41	0	+4,41	0	+4,41	0	4,41	
7	+1	0	-1	4,02	+4,02	0	-4,02	+4,02	0	+4,02	0	-4,02	0	4,01	
8	-1	0	+1	5,56	-5,56	0	+5,56	+5,56	0	+5,56	0	-5,56	0	5,57	
9	0	+1	+1	6,78	0	+6,78	+6,78	0	+6,78	+6,78	0	0	+6,78	6,77	
10	0	-1	-1	6,11	0	-6,11	-6,11	0	+6,11	+6,11	0	0	+6,11	6,16	
11	0	+1	-1	3,41	0	+3,41	-3,41	0	+3,41	+3,41	0	0	-3,41	3,38	
12	0	-1	+1	4,11	0	-4,11	+4,11	0	+4,11	+4,11	0	0	-4,11	4,14	
13	0	0	0	3,52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,51	
14	0	0	0	3,56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,51	
15	0	0	0	3,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,51	
				$(OY) = 67,79$	$(1Y) = -3,36$	$(2Y) = -0,42$	$(3Y) = -2,67$	$(11Y) = 36,85$	$(22Y) = 39,10$	$(33Y) = 38,57$	$(12Y) = 0,91$	$(13Y) = -1,00$	$(23Y) = 5,37$		
				$\rho_1 = -\frac{1}{6}$	$e_1 = \frac{1}{8}(iY)$			$\Sigma(iiY) = 114,5$			$\rho_2 = 0,02083\Sigma(iiY) = 2,38$			$e_{ij} = 0,25$	
				$(OY) = 11,29$				$\rho_3 = \rho_2 + \rho_1 = -8,91$							
				$e_0 = 3,51$	$e_{11} = -0,45$	$e_{22} = -0,05$	$e_{33} = -0,33$	$e_{11} = -0,30$	$e_{22} = -0,86$	$e_{33} = -0,73$	$0,23$	$-0,25$	$1,34$		

Таблица 2 – Расчетная матрица-алгоритм для определения значимости коэффициентов регрессии

№	Y_1	Y_2	Y_3	\bar{Y}	$ Y_{u1} - \bar{Y}_u $	$ Y_{u2} - \bar{Y}_u $	$ Y_{u3} - \bar{Y}_u $	$(Y_{u1} - \bar{Y}_u)^2$	$(Y_{u2} - \bar{Y}_u)^2$	$(Y_{u3} - \bar{Y}_u)^2$	$\sum_1^m (Y_{ui} - \bar{Y}_u)^2$
1	42,7	4,30	4,45	4,34	0,07	0,07	0,11	0,0049	0,0016	0,0121	0,0186
2	5,43	5,60	5,35	5,46	0,03	0,14	0,11	0,0196	0,0121	0,0121	0,0326
3	4,12	4,00	4,12	4,08	0,04	0,08	0,04	0,0016	0,0064	0,0016	0,0096
4	4,77	4,75	4,91	4,81	0,04	0,06	0,10	0,0016	0,0036	0,0100	0,0152
5	4,09	4,25	4,17	4,17	0,08	0,08	0	0,0064	0,0064	0	0,0128
6	4,36	4,35	4,52	4,41	0,05	0,06	0,11	0,0025	0,0036	0,0121	0,0182
7	3,93	4,03	4,10	4,02	0,09	0,01	0,08	0,0081	0,0001	0,0064	0,0146
8	5,60	5,47	5,61	5,56	0,04	0,09	0,05	0,0016	0,0081	0,0025	0,0122
9	6,72	6,82	6,80	6,78	0,06	0,04	0,02	0,0036	0,0016	0,0004	0,0056
10	6,23	6,07	6,03	6,11	0,12	0,04	0,08	0,0144	0,0016	0,0064	0,0224
11	3,38	3,36	3,49	3,41	0,03	0,05	0,08	0,0009	0,0025	0,0064	0,0098
12	4,17	4,09	4,07	4,11	0,06	0,02	0,04	0,0036	0,0004	0,0016	0,0056
13	3,38	3,45	3,55	3,46	0,08	0,01	0,09	0,0064	0,0001	0,0081	0,0146
14	3,64	3,68	3,54	3,59	0,05	0,09	0,05	0,0025	0,0081	0,0025	0,0131
15	3,55	3,42	3,47	3,48	0,07	0,06	0,01	0,0049	0,0036	0,0001	0,0086
$\sum_1^N \sum_1^m (Y_{ui} - \bar{Y}_u)^2 = 0,2135$											

Таблица 3 – Расчетная таблица для вычисления дисперсии неадекватности

№ п/п	\bar{Y}_u	\hat{Y}_u	$ \bar{Y}_u - \hat{Y}_u $	$(\bar{Y}_u - \hat{Y}_u)^2$
1	2	3	4	5
1	4,34	4,40	0,06	0,0036
2	5,46	5,40	0,06	0,0036
3	4,08	4,04	0,04	0,0016
4	4,81	4,84	0,03	0,0009
5	4,17	4,17	0	0
6	4,41	4,41	0	0
7	4,02	4,01	0,01	0,0001
8	5,56	5,57	0,01	0,0001
9	6,78	6,77	0,01	0,0001
10	6,11	6,16	0,05	0,0025
11	3,41	3,38	0,03	0,0009
12	4,11	4,14	0,03	0,0009
13	3,46	3,51	0,06	0,0036
14	3,59	3,51	0,08	0,0064
15	3,48	3,51	0,03	0,0009
				$\sum_{u=1}^N (\bar{Y}_u - \hat{Y}_u)^2 = 0,0252$

Расчет экономических показателей

	Показатель	Единица измерения	Базовое устройство	Новая машина	Формула
1	2	3	4	5	6
1	Затраты на оплату труда	руб/кг	60,96	36,58	(5.3)
2	Затраты на электроэнергию	руб/кг	0	0,50	(5.4)
3	Затраты на техническое обслуживание и ремонт	руб/кг	0,0008	0,0015	(5.5)
4	Отчисления на амортизацию	руб/кг	1,0	0,20	(5.6)
5	Фактическое значение коэффициента отчислений на амортизацию	-	0,1	0,1	(5.7)
6	Затраты на реновацию	руб/кг	1,0	0,20	(5.8)
7	Трудоемкость работы	ч.-ч./кг	0,333	0,200	(5.9)
8	Себестоимость работ	руб/кг	62,96	37,48	(5.2)
9	Годовая себестоимость работ	тыс.руб.	-	50,96	(5.10)
10	Годовой экономический эффект	тыс.руб.	-	53,96	(5.11)
11	Приведенные затраты	руб./кг	64,84	37,86	(5.12)
12	Коэффициент эффективности снижения затрат	%	-	40,4	(5.14)
13	Капитальные вложения	руб./кг	9,41	1,88	(5.13)

1	2	3	4	5	6
14	Годовая экономия затрат труда	ч.-ч.	-	266	(5.15)
15	Годовая (сезонная) наработка	кг	1200	2000	(5.16)
16	Капитализированная стоимость новой машины (верхний лимит цены)	тыс.руб.	-	169,23	(5.17)
17	Срок окупаемости капитальных вложений	сезон	-	0,063	(5.1)
		час	-	25,2	