

ФИЛИППОВ РОСТИСЛАВ АЛЕКСАНДРОВИЧ

**ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА В ТЕХНОЛОГИИ
РУЧНОЙ УБОРКИ ЯГОД ЗЕМЛЯНИКИ**

Специальность:

05.20.01 – технологии и средства механизации сельского хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук

МОСКВА – 2012

Работа выполнена в Государственном научном учреждении Всероссийском селекционно-технологическом институте садоводства и питомниководства Российской академии сельскохозяйственных наук.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор,
член – корреспондент РАСХН
Ю.А. УТКОВ

Официальные оппоненты: член-корреспондент РАСХН,
доктор технических наук, профессор
Артюшин Анатолий Алексеевич
ГНУ Всероссийский институт
механизации Россельхозакадемии

кандидат сельскохозяйственных наук
Шевкун Николай Александрович
ФГОУ ВПО Московский
государственный агроинженерный
университет им.В.П. Горячкина

Ведущая организация: ГНУ ВНИИС им. И.В. Мичурина
Россельхозакадемии

Защита состоится «29» марта 2012 г. в 13:30 часов на заседании диссертационного совета Д 006.035.01 в Государственном научном учреждении Всероссийском селекционно-технологическом институте садоводства и питомниководства Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ ВСТИСП Россельхозакадемии) по адресу: 115598, Москва, Бирюлёво-Загорье, ул. Загорьевская 4, конференц-зал, факс 8(495) 329 31 66.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГНУ Всероссийского селекционно-технологического института садоводства и питомниководства Российской академии сельскохозяйственных наук, с авторефератом - на официальном сайте ГНУ ВСТИСП Россельхозакадемии – <http://vstisp.org>

Автореферат разослан «___» _____ 2012 г.

Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенные и скреплённые гербовой печатью, просим направлять учёному секретарю диссертационного совета.

Учёный секретарь диссертационного совета
кандидат сельскохозяйственных наук

Л.А. Марченко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Современное состояние производства ягод земляники в нашей стране характеризуется снижением площадей и объема выпуска продукции. Изменилась социально – психологическая ситуация в сельской местности, в связи с чем все трудней стало привлекать людей к уборке урожая, да и стоимость ручного труда возросла.

Анализ затрат труда при существующих технологиях возделывания земляники показывает, что наиболее трудоемкими операциями плантации являются уборка урожая, на которую приходится до 60 % от всех затрат.

Традиционный ручной сбор земляники считается тяжелой работой, так как связан с неудобным положением работающих и статическим напряжением мышц конечностей и туловища, что, в свою очередь, является одной из причин профессиональных заболеваний опорно-двигательного аппарата человека.

С целью повышения производительности при уборке ягод земляники вручную, экономии трудовых затрат, создания более комфортных условий работы в последние 25-30 лет наряду со сложными машинами создавались упрощённые технические средства. К ним можно отнести индивидуальные тележки и многоместные платформы, которые кроме экономии трудовых затрат (около 30%), позволяют выполнять работу в удобном положении, что облегчает труд и способствует профилактике профессиональных заболеваний. Разработаны различные подставки для тары, заменяемой по мере наполнения при сборе ягод вручную; мобильные платформы для размещения на них сборщиков ягод, а также порожней и наполняемой ягодами тары; грузовые платформы для промежуточного складирования тары, которые перемещаются по плантации вместе с рабочими, а в определённых местах разгружаются. Однако в комплексе эти технические средства практически не применялись даже в крупных земляничных хозяйствах не только в России, но и за рубежом. Это подтверждает актуальность создания и применения комплекса технических средств для рационализации уборочных работ на промышленных плантациях.

Цель работы. Повышение производительности ручного сбора ягод земляники путём выявления оптимальной технологии процесса уборки с применением технических средств, которые сочетают в себе простоту конструкции и обеспечивают эффективность их использования независимо от антропометрических показателей сборщиков.

Объектом исследования являются технические средства для рационализации процесса сбора ягод земляники.

Предмет исследования. Технологический процесс ручной уборки урожая земляники с применением комплекса технических средств.

Методика исследований. В работе использованы общепринятые методы математической обработки опытных данных. Для комплексного решения поставленных задач применяли элементы системного анализа. Теоретические исследования проводили на основе известных положений высшей математики и физики. Экспериментальные лабораторные и полевые исследования проводили по общепринятым методикам исследования, включая методы планирования

факторных экспериментов. Обработка основных результатов экспериментов проводилась при помощи стандартных компьютерных программ, а также разработанных в процессе исследований.

Научная новизна. Выделены новые элементы классификации способов и средств уборки ягод земляники, ориентированные на рационализацию ручного труда. Методом экспертной оценки и предложенной программой для ЭВМ, выявлены доминирующие факторы, влияющие на процесс ручного сбора ягод (свидетельство о гос. Регистрации программы для ЭВМ № 2010614878 от 27 июля 2010 г.). Теоретически и экспериментально обосновано расположение сиденья сборщика ягод между рядами и установлены основные конструкционные параметры его рабочего места. Сформулированы характеристики технических средств для усовершенствования технологии ручной уборки ягод земляники на всех этапах уборочных операций (патент РФ № 2415550 от 10 апреля 2011 г.). Определены закономерности изменения производительности от применения технических средств различного типа при уборке ягод земляники.

Практическая значимость работы. Практическая значимость работы заключается в создании условий для повышения производительности ручного сбора ягод земляники путём применения разработанных технических средств в течение всего периода уборки ягод.

Реализация результатов работы. Результаты исследований приняты Акционерным обществом «Головное специализированное конструкторское бюро по комплексам машин для механизации работ в садах, виноградниках, питомниках и ягодниках» (г. Кишинёв, Республика Молдова) для использования при проектировании уборочных технических средств. Комплекс технических средств для уборки урожая земляники положительно оценён научно-производственным отделом ГНУ ВСТИСП Россельхозакадемии и ФГНУ «Росинформагротех» (протокол № 15-01-2011 (9150016) от 30 сентября 2011 г. предварительных испытаний земляникоуборочной платформы ВПЗ-1 на соответствие техническому заданию).

Апробация. Основные положения и результаты исследований диссертационной работы обсуждались и одобрены: на заседаниях секции центра механизации (2009 – 2011гг.), на Учёном совете ВСТИСП (2009-2011гг.), на международной научно-технической конференции «Конструирование, использование и надёжность машин сельскохозяйственного назначения» (г. Брянск, БГСХА, 2011г.); на V международной научно-практической конференции «Наука и молодёжь: новые идеи и решения» (г. Волгоград, 2011г.), на Всероссийском научно-практическом семинаре "Отечественные машины для садоводства" (г. Москва, ГНУ ВСТИСП Россельхозакадемии, 2011г.).

На защиту выносятся:

- Методы определения оптимальных параметров технических средств и рабочего места сборщика при работе на земляникоуборочных платформах, обеспечивающих повышение эффективности уборочного процесса.

- Результаты полевых исследований и испытаний земляникоуборочных платформ и других новых технических средств, улучшающих условия труда.

- Оценка экономической эффективности использования комплекса технических средств на уборке ягод земляники.

Публикации. По результатам исследований опубликованы четыре печатные работы, в том числе две в изданиях, включённых в список ВАК, а также получен один патент РФ на изобретение и одно свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

Объём и структура работы. Диссертационная работа изложена на 156 страницах и состоит из введения, 4 глав, общих выводов, списка использованной литературы из 106 наименований и 7 приложений. Она содержит 84 рисунка, 13 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность направления исследований и дана общая характеристика выполненной работы.

В первой главе «Состояние вопроса, цель и задачи исследований» рассмотрены и проанализированы способы и технические средства, применяемые при ручной и машинной уборке урожая земляники на промышленных плантациях.

Мировой и отечественный опыт позволяет выделить несколько направлений в решении проблемы повышения эффективности уборки урожая земляники.

Первое направление – сбор ягод с применением ручного инвентаря и различного вида рациональной тары, и приспособлений для сбора и переноски ягод.

Второе направление – сбор ягод с применением тележек и платформ, которые можно разделить на три класса: перекачиваемые самим сборщиком, перемещаемые по плантации с помощью трактора и самоходные.

Третье направление – сбор ягод с помощью передвижных агрегатов, снабженных набором поперечных и продольных транспортеров для транспортировки и накопления собранных ягод.

Четвертое направление – сбор ягод с применением поточных ягодоуборочных машин. В этом случае резко снижаются затраты труда и себестоимость ягод, однако собранные механизированным способом ягоды, годятся в основном для технической переработки. По различным причинам эффективных земляникоуборочных комбайнов пока в мире не создано.

На основании анализа технических средств для рационализации ручной уборки земляники можно отметить, что они широко применяются в зарубежных странах (США, Англии, Италии др.).

На основании работ Айсарова Р.М., Борисовой Г. В., Брика В.С., Бычкова В.В., Долмановой Г.С., Евсеевой О.А., Матвеева В.А., Поповой И.В., Трушечкина В.Г., Уткова Ю.А., Цымбала Ю.А., Чухляева И.И., Яковлева И.Г., Венне Р. и других исследователей проведена классификация способов и технических средств для уборки урожая земляники (рисунки 1,2).



Рисунок 1 – Способы уборки урожая земляники



Рисунок 2 – Классификация платформ для уборки ягод земляники

Рассмотрены свойства растений земляники, которые формируют требования уборочного процесса с использованием технических средств.

На основании результатов анализа литературных источников доказана целесообразность применения различных технических средств, повышающих эффективность ручного сбора ягод.

Целью работы является повышение производительности ручного сбора ягод земляники путём выявления оптимальной технологии уборочного процесса с применением технических средств, которые сочетают в себе простоту конструкции и обеспечивают эффективность их использования за счёт улучшения условий труда независимо от антропометрических показателей сборщиков.

В **задачи** диссертационной работы входит:

1. Обоснование оптимальных технологических приёмов и перспективных направлений создания технических средств повышающих эффективность ручного труда.
2. Разработка комплекса технических средств для уборки урожая земляники:
 - конструкции подставки для тары,
 - конструкции грузовой платформы для вывозки урожая,
 - конструкции различных платформ (1,2,3-х местных).
3. Исследование параметров и режимов работы разработанных технических средств.
4. Проведение испытаний комплекса технических средств.
5. Разработка рекомендаций и внедрение новых технических средств в производство.

Во второй главе «Программа и методика исследований» с использованием элементов системного анализа определены требования к разрабатываемым техническим средствам и предложены методы обоснования их конструкций.

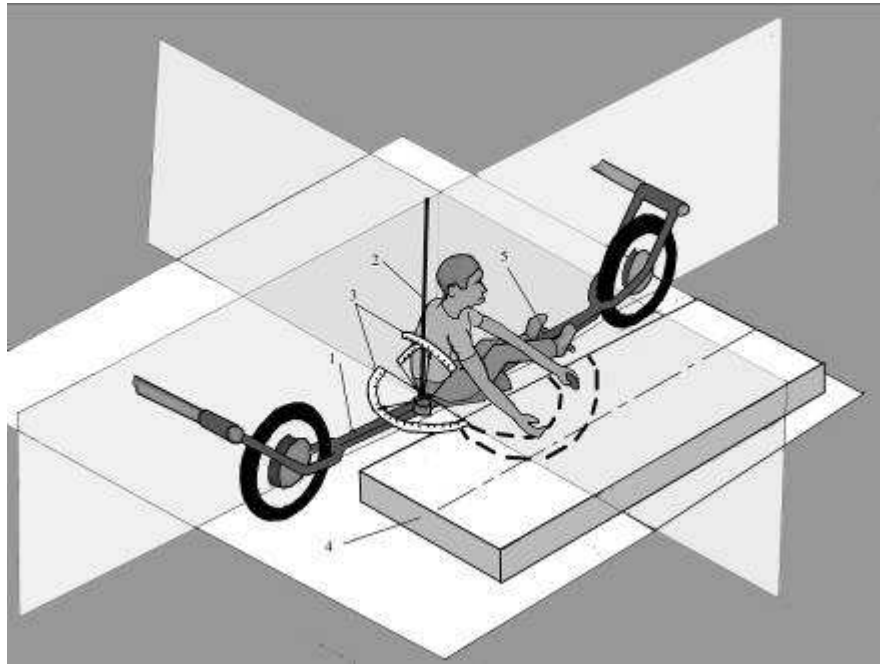
Как известно, на эффективность процесса уборки ягод влияет большое количество различных по значимости факторов, которые условно можно разделить на четыре группы: **природно-климатические, биологические, организационно-хозяйственные, инженерно-психологические**. Каждой из этих групп свойственно своё множество факторов. На стадии проектирования технических средств необходимо было определить степень влияния этих факторов на процесс уборки. Для этого применены методы системного анализа на основе экспертной оценки, так как оценить влияние разных по своей природе факторов иным путём затруднительно.

Проведение экспертной оценки выполнялось в следующей последовательности:

- выбор метода получения экспертной информации и способов ее обработки;
- подбор экспертной группы;
- опрос экспертов (экспертиза);
- разработка программы и методики для обработки и анализа результатов экспертизы;

интерпретация полученных результатов.

Теоретически и экспериментально в лабораторных условиях обоснованы параметры рабочего места сборщика ягод на платформе (рисунок 3).



1 – секция платформы, 2 – вертикальная планка (служит ориентиром начала отсчёта), 3 – транспортеры для измерения отклонения тела, 4 – площадка для имитации параметров рядка, 5 – подножка;

Рисунок 3 – Схема моделирования процесса сбора ягод земляники с платформы в лабораторных условиях для изучения зоны досягаемости

Конструкция технических средств разрабатывалась с применением компьютерной программы APM Win Machine.

Методика проведения полевых исследований была направлена на изучение параметров плантации; выявления оптимальных параметров подставки для тары, мобильных и грузовой платформ, в том числе и путём постановки факторных экспериментов; изучение эффективности применения технических средств на товарной плантации, путём проведения хронометражных исследований и постановки факторных экспериментов. Поиск путей улучшения условий труда при применении технических средств (опросы, хронометраж, определение изменения некоторых физиологических параметров человека).

В третьей главе «Результаты проведённых исследований» представлены полученные результаты и дан их анализ.

С помощью специально разработанной компьютерной программы были ранжированы факторы, влияющие на процесс ручного сбора ягод земляники. Для дальнейшего рассмотрения были приняты только те, уровень значимости которых был выше 50% (рисунок 4).

Значимыми оказались следующие факторы: урожайность, размер ягод (масса), дружность созревания, усилие отрыва ягод, погодные условия, наличие сорняков, поражаемость серой гнилью, плотность ягод, выносливость сборщика, уровень организации труда, оплата труда сборщика, квалификация работника.

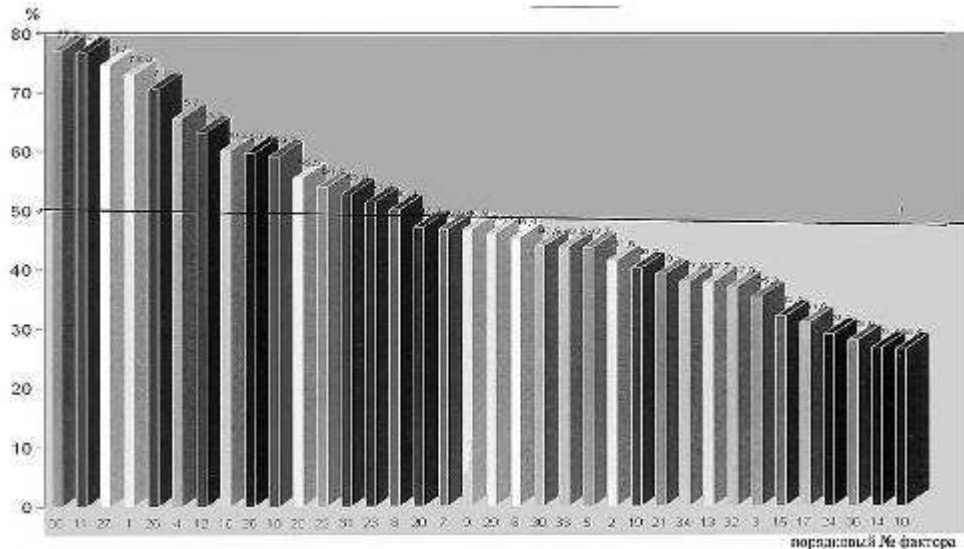


Рисунок 4 – График распределения факторов по степени значимости

Так как большое количество значимых факторов относится к различным свойствам растений земляники и параметров плантаций, необходимо было провести более углублённые исследования этих показателей в аспекте полумеханизированного ручного сбора. В частности определены соотношения массы ягоды к их количеству в различные периоды плодоотдачи, установлены некоторые параметры рядков на товарной плантации и проанализировано пространственное расположение ягод на кусте.

Дальнейшим этапом работы явилось теоретическое обоснование оптимального размещения сборщика во время работы путем вычисления затрат энергии в процессе сбора (рисунок 5).

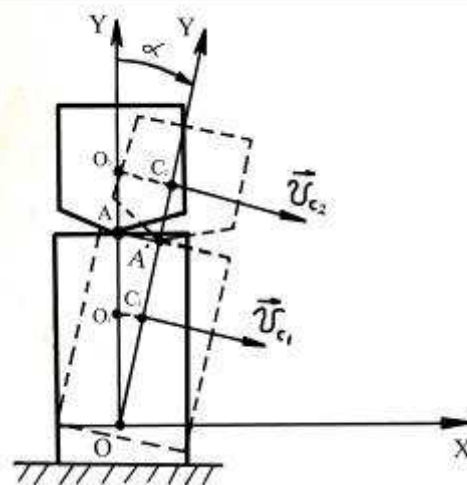


Рисунок 5 – Схема фронтального отклонения сборщика во время работы в положении сидя.

Полная кинетическая энергия T складывается из кинетических энергий верхней T_2 (головы) и нижней частей T_1 (корпуса) человека:

$$T = T_1 + T_2 \quad (1)$$

Здесь
$$T_1 = \frac{m_1 V_{c1}^2}{2} \text{ и } T_2 = \frac{m_2 V_{c2}^2}{2} \quad (2)$$

где m_1 - сумма масс верхней и средней частей корпуса;

m_2 – масса головы сборщика;

V_{c1} и V_{c2} – линейные скорости центров масс корпуса и головы сборщика.

Данные скорости определены по формулам:

$$V_{c1} = \omega_1 \cdot OC_1 = \dot{\alpha}_1 \cdot OC_1; \quad V_{c2} = \omega_2 \cdot OC_2 = \dot{\alpha}_2 \cdot OC_2,$$

где - OC_1 и OC_2 – расстояния центров масс C_1 и C_2 от точки O ;

$\omega_1 = \dot{\alpha}_1 = \dot{\alpha}$ и $\omega_2 = \dot{\alpha}_2 = \dot{\alpha}$ - угловые скорости нижней и верхней масс (корпуса и головы).

При максимальном угле наклона в 30° значения ω_1 и ω_2 будут одинаковыми и равными $\omega_1 = \omega_2 = \dot{\alpha} = \left(\frac{\pi}{6} \cdot t\right)' = \frac{\pi}{6}$

Расстояния OC_1 и OC_2 возьмем равными $OC_1 = 0,3 \text{ м}$ $OC_2 = 0,6 \text{ м}$

Подставляя в (1) выражения (2), с учётом (3), получим:

$$T = \frac{m_1 V_{c1}^2}{2} + \frac{m_2 V_{c2}^2}{2} = \frac{1}{2} [m_1 (\dot{\alpha} \cdot OC_1)^2 + m_2 (\dot{\alpha} \cdot OC_2)^2]$$

или
$$T = \frac{1}{2} \cdot \dot{\alpha}^2 (m_1 OC_1^2 + m_2 OC_2^2) \quad (3)$$

Принимаем $m_1 = 25,5 \text{ кг}$ и $m_2 = 5 \text{ кг}$

Тогда, за один наклон, сборщик потратит энергию, равную

$$T = \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi}{6} (25,5 \cdot 0,09 + 5 \cdot 0,36) = 1,07 \text{ Дж}$$

Наблюдения показали, что в среднем за смену сборщик совершает 854 наклона. Следовательно, расход энергии за смену, только на наклоны, будет равен:

$$T = 854 \cdot 1,07 \approx 914 \text{ Дж}$$

Выполненные расчёты подтверждают, что наиболее выгодное положение сборщика, во время работы - сидя между двумя рядами, когда глубокие наклоны практически исключаются.

С учётом этого были проведены работы по проектированию и изготовлению технических средств в т.ч. земляникоуборочной велоплатформы ВПЗ, используя системы автоматизированного расчёта и проектирования машин, механизма и конструкции АРМ Win Machine, произведёны расчёты прочности, жёсткости и устойчивости, а также напряжённо – деформированное состояние конструкции рамы платформы. Расчитаны оптимальные передаточные отношения привода, выбран материал самой конструкции (рисунки – 6,7).

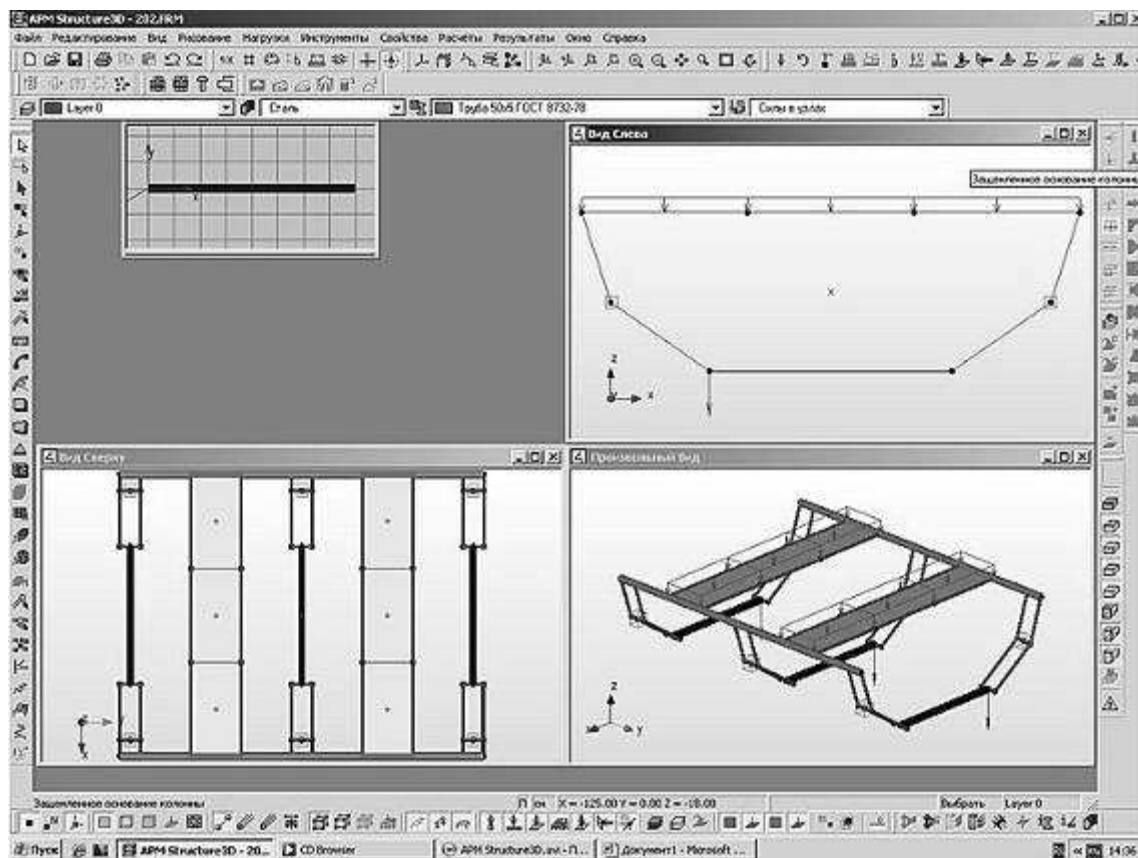


Рисунок 6 – Модель конструкции платформы с приложенными усилиями в APM Structure 3D

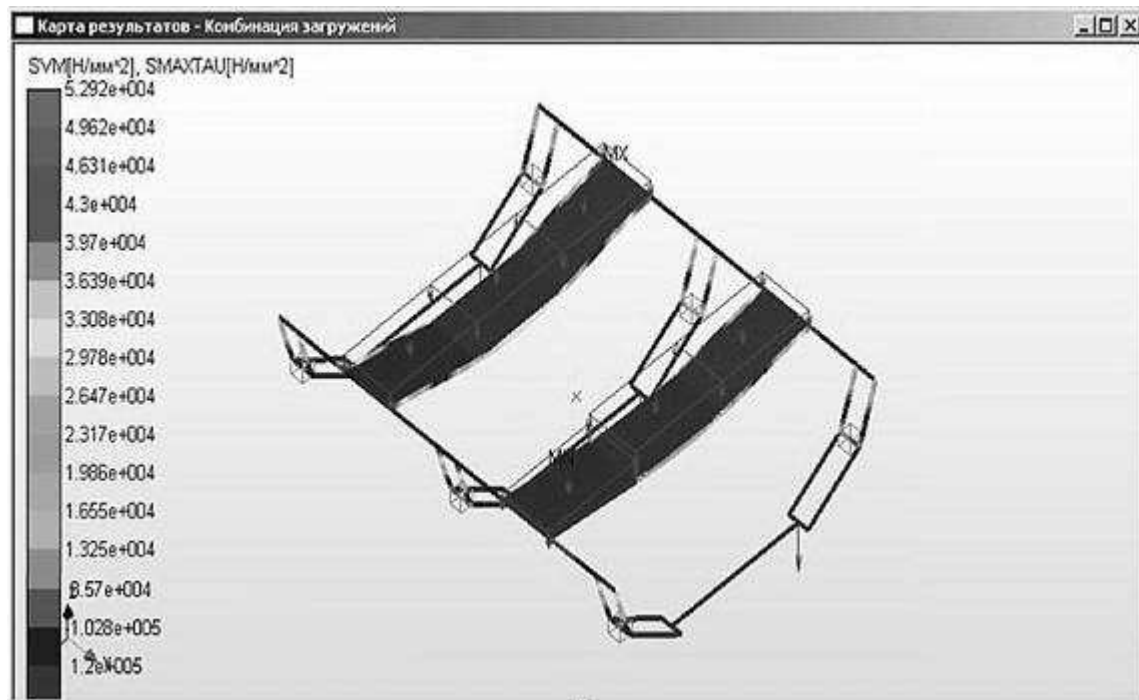


Рисунок 7 – Карта нагрузений, испытываемых конструкцией, в APM Structure 3D

В конструкции были учтены антропометрические размеры человека, которые позволили теоретически определить (рисунок 8): возможную площадь сбора ягод земляники (2), обосновать оптимальную высоту подъёма сиденья, а

также реальные параметры рядка земляники в зависимости от отклонения тела сборщика, при которых создаются комфортные условия труда.

$$S = S_1 - S_2 - S_3 = \frac{\pi(h_1 + h_2)^2}{8} - h \frac{1}{2} \sqrt{2h_1 h - h_1^2} - \frac{\pi \alpha_1 (h_1 + h)^2 + 360 \sqrt{h h_1 - h_1^2}}{180} \quad (4)$$

Полученная формула позволяет найти оптимальную площадь комфортной зоны досягаемости работы двумя руками одновременно, так как такой сбор позволяет увеличить производительность труда.

$$E_1 K = \Delta h \cos \alpha + \sqrt{R_1^2 - \Delta h^2 \sin^2 \alpha} \quad (5)$$

Из расчётов по данной формуле (3) можно заключить, что при увеличении ширины полосы ряда более 60 см сборщику придется совершать глубокие наклоны во фронтальной плоскости, что увеличит тяжесть трудового процесса.

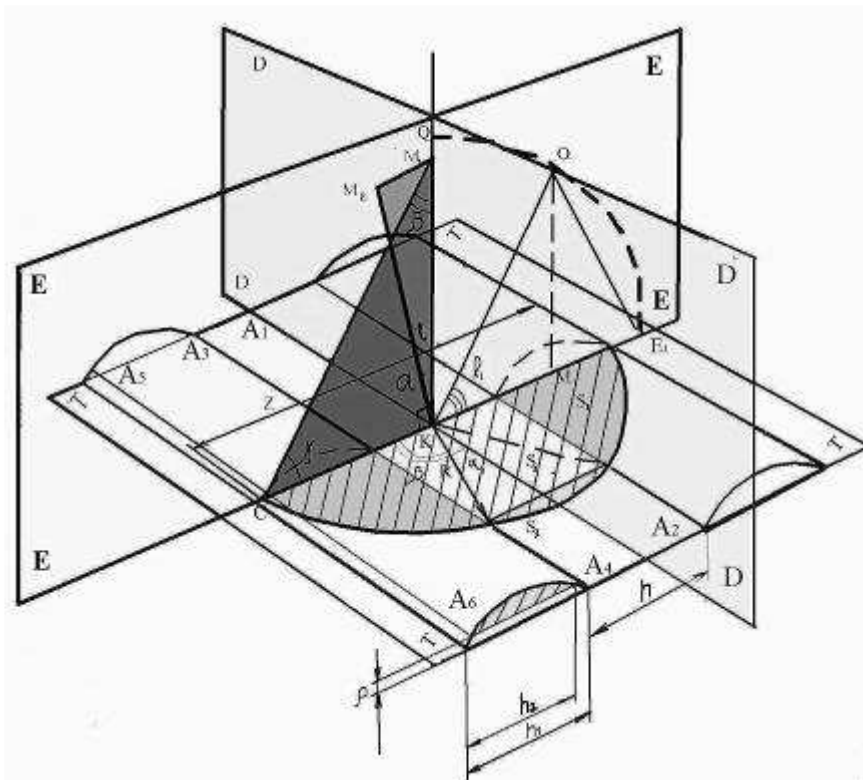


Рисунок 8 - Схема для расчётов параметров рабочего места сборщика.

В лабораторных условиях был смоделирован процесс ручного сбора ягод земляники с применением платформы. Исследовалась зона досягаемости моторного поля рук при различных отклонениях тела сборщика. Определена эффективно осваиваемая рабочая зона моторного поля при работе одной и одновременной работе двух рук. (Рисунок 9). Искомая зона найдена как площадь криволинейных трапеций.

$$S_1 = \int_a^b f_1(x) + S_2 = \int_a^b f_2(x) \quad (6)$$

В результате расчётов получили следующие значения площадей:

Зона при работе двумя руками:

для позиции без отклонения - $S=0,318 \text{ м}^2$

для позиции с отклонением в 10° - $S=0,343 \text{ м}^2$

для позиции с отклонением в 30° - $S=0,373 \text{ м}^2$

Зона при работе одной рукой:

площадь без отклонения $S=0,692 \text{ м}^2$,

для отклонения в 10° - $S = 0,748 \text{ м}^2$,

для отклонения в 30° - $S = 0,8282 \text{ м}^2$

Таким образом, работая на платформе, сборщик до 85% времени ведёт сбор двумя руками, осваивая площадь под цифрой 1, и лишь до 15% ведёт сбор одной рукой в пределах площади под цифрой 2.

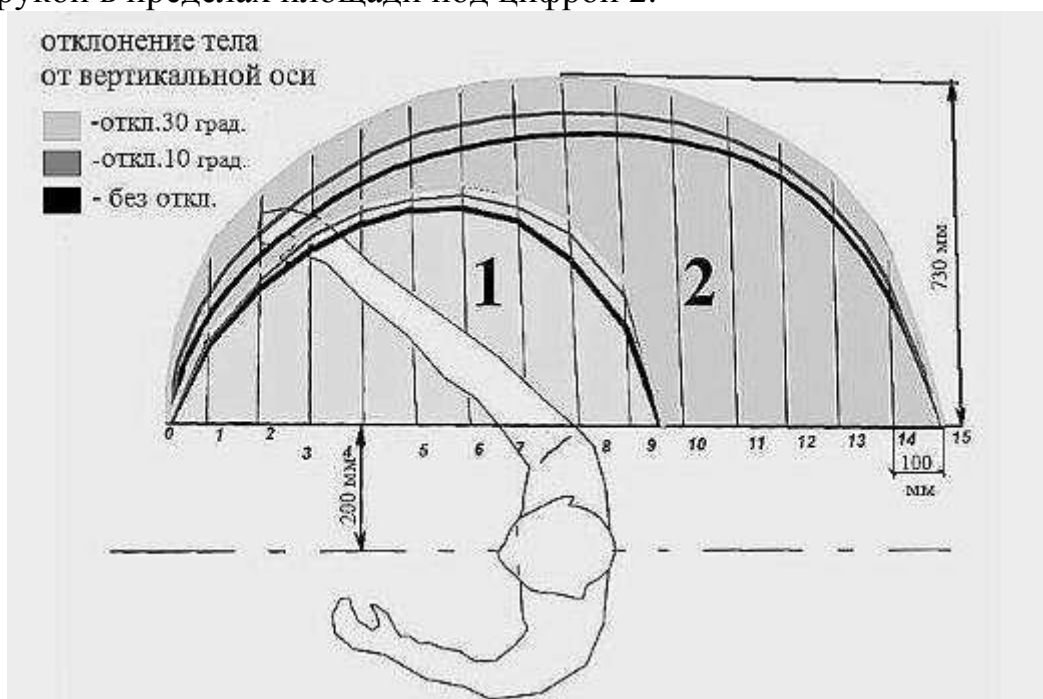
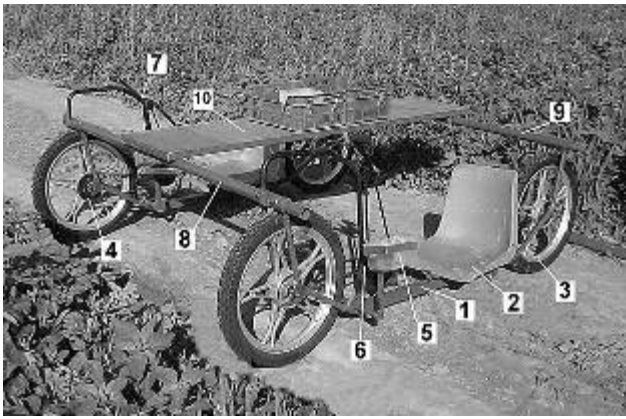


Рисунок 9 – Схема зоны охвата моторного поля рук (1- зона при работе двумя руками, под цифрой 2 – зона при работе одной рукой)

Для уточнения параметров рабочего места сборщика также применялся метод экспертной оценки совместно с органолептическим методом оценки конструкции. Однако в этом случае экспертом выступала случайно отобранная группа людей, в количестве 10 человек. Анализ полученных данных помог скорректировать предпочтительное положение сиденья, которое может смещаться в продольном направлении на 0,70 - 0,75м и вращаться на 30° в каждую сторону.

В результате проведённых исследований было сконструировано несколько видов технических средств для сборщиков ягод земляники, в том числе:

- двух и трёхместный вариант платформы ВПЗ (рисунок 10),
- одноместная платформа с движением назад (рисунок 11),
- подставка под тару (рисунок 12),
- грузовая платформа для вывоза собранного урожая (рисунок 13).

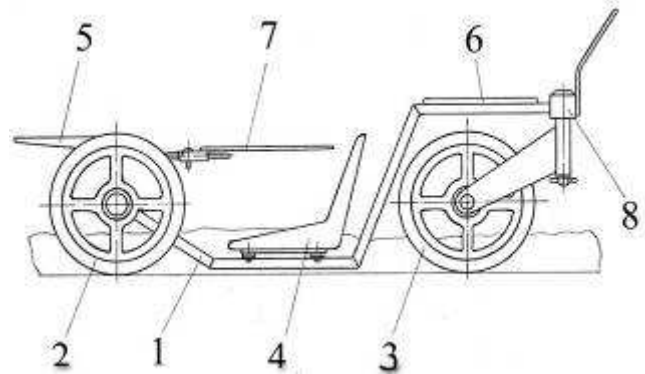


1 – несущая рама секции; 2 – поворотное сидение сборщика; 3 – заднее ведомое колесо; 4 – ведущая шестерня переднего приводного колеса; 5 – кронштейн с контейнером для ягод; 6 – промежуточный узел привода; 7 – дополнительная рама для крепления цепного привода; 8 – передняя соединительная труба; 9 – задняя соединительная труба; 10 – стеллаж для порожней и заполненной тары

Рисунок 10 – Велоплатформа ВПЗ (2-хместный вариант и 3хместный в работе)



а)



б)

1-рама, 2,3 – колёса, 8 – поворотный механизм 5, 6 – основные подставки под тару, 4 – сидение, 7 - боковая подставка, 8 – шарнир, 9 – основная площадка

Рисунок 11 – Одноместная платформа в работе (а) и её схема (б).

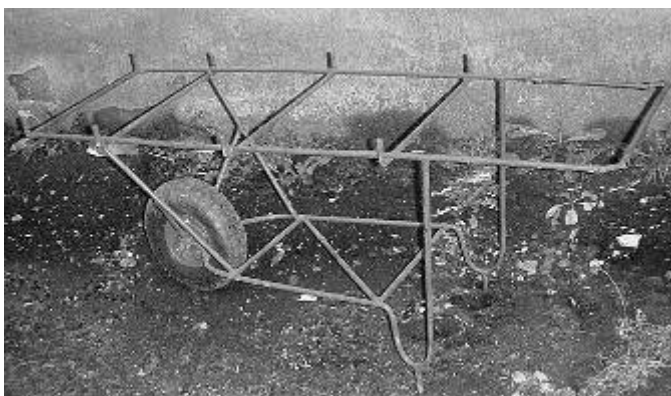


Рисунок 12 – Общий вид подставки под тару и подставка в работе



Рисунок 13 - Общий вид грузовой платформы на плантации земляники

По результатам исследований предложена перспективная технология уборки ягод земляники с применением разработанных технических средств в каждый период сбора (рисунок 14).

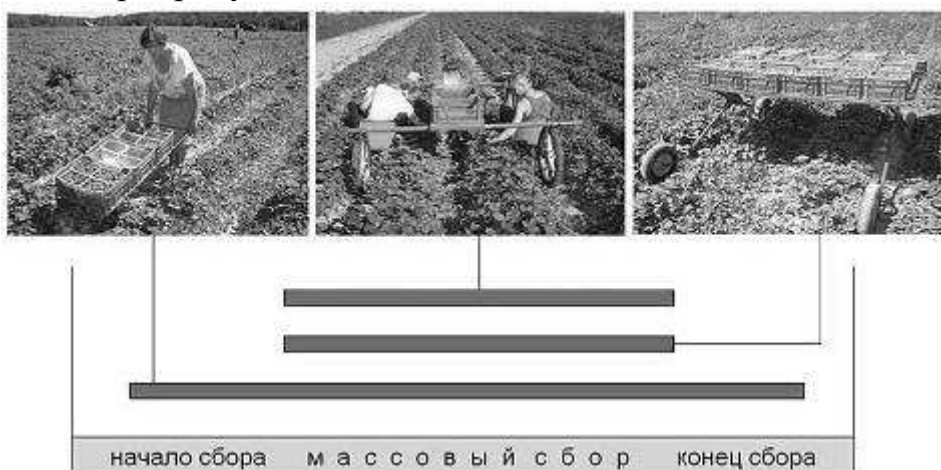


Рисунок 14 - Перспективная технология ручного сбора ягод земляники

Для изучения изменения зависимости производительности сборщиков, работающих на одно, двух и трёхместной платформах от урожайности и засорённости поля был поставлен факторный эксперимент, условия планирования которого указаны в таблице 1.

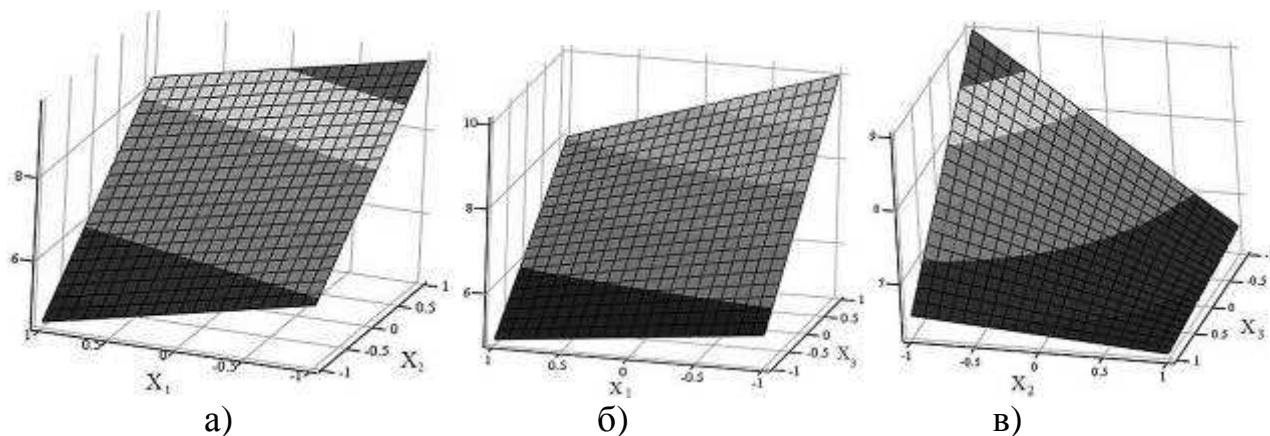
Таблица 1 – Условия планирования эксперимента

факторы		уровни варьирования			Интервал варьирования
натуральный вид	кодированный вид	-1	0	+1	
Урожайность, кг	x_1	20	30	40	10
Засорённость, шт	x_2	0	15	30	15
Кол-во рабочих	x_3	1	2	3	1

Выходным параметром эксперимента была выбрана производительность руда сборщика (y). Расчёт производился с помощью программы MathCAD 12 A Enterprise Edition (рисунок 15).

В результате проведенных исследований и расчётов получено уравнение регрессии в виде

$$y = 7,11 + 1,91 x_1 - 0,69 x_2 - 0,66 x_3 - 0,34x_1x_3 + 0,54x_2x_3 \quad (7)$$



а) производительность труда в зависимости от урожайности и засорённости насаждений; б) производительность труда в зависимости от урожайности и типа технического средства; в) производительность труда в зависимости от засорённости сорняками и типа технического средства

Рисунок 15 - Поверхности откликов зависимостей

На основе анализа результатов эксперимента установлено:

1. Производительность на одноместной платформе выше, чем на многоместной, потому как на двух и трёхместных платформах сборщикам приходится согласовывать между собой темпы работы, а также из-за неравномерности распределение ягод на рядках, а также из-за индивидуальных способностей сборщиков.

2. На производительность труда сборщиков в основном влияет характер распределения ягод по рядам, их величина и, в меньшей степени, засорённость рядов сорными растениями.

Для выявления основных конструктивных параметров грузовой платформы был проведен отдельный факторный эксперимент. С изменением высоты погрузочной площадки в пределах от 0,6 до 1 м, а площадь приемной поверхности имела возможность изменяться. Однако в целях упрощения условий опыта было принято решение заменить варьирование площади поверхности массой несущего груза, от 100 до 200 кг (таблица 2).

Таблица – 2 Условие планирования эксперимента

факторы		уровни варьирования			Интервал варьирования
натуральный вид	кодированный вид	-1	0	+1	
Высота платформы, м	x_1	0,6	0,8	1	0,2
Масса груза, кг	x_2	100	150	200	5

По результатам эксперимента и с учётом только значимых коэффициентов получено уравнение регрессии в виде:

$$y = 4,45 + x_1 - 0,4 x_2 \quad (8)$$

В результате его анализа получена поверхность отклика и карта линий уровня усилия перекачивания платформы в зависимости от высоты и массы загрузки платформы (рисунок 16).

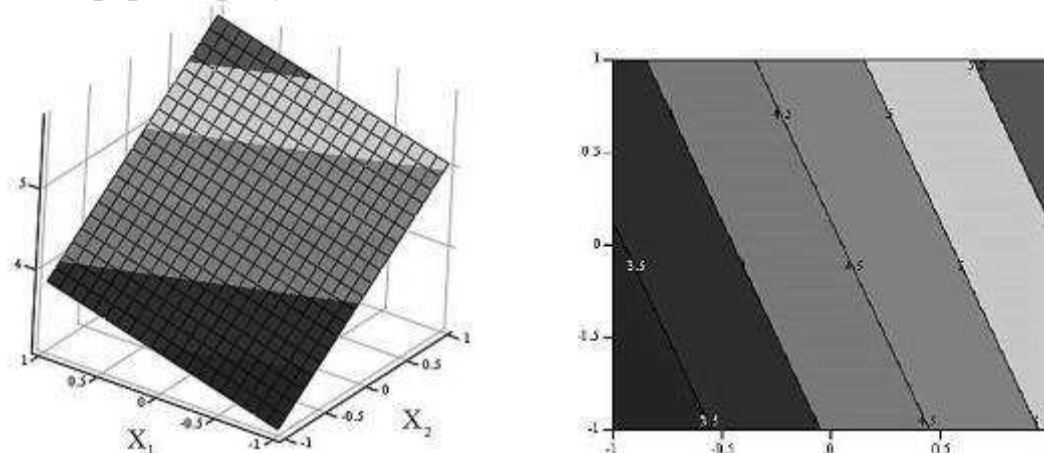


Рисунок 16 - Поверхность отклика и карта линий уровня зависимости усилия перекачивания платформы в зависимости от высоты и массы загрузки.

Анализируя полученное уравнение, можно утверждать, что величину усилия на перекачивание грузовой платформы, в первую очередь, влияет её высота. Объясняется это удобством приложения силы на определённой высоте.

Во время испытаний технических средств для ручного сбора ягод земляники на полях ГНУ ВСТИСП в 2009-2011г.г. был произведён учёт собранного урожая. Это позволило определить зависимость производительности труда от различной урожайности в момент сбора.

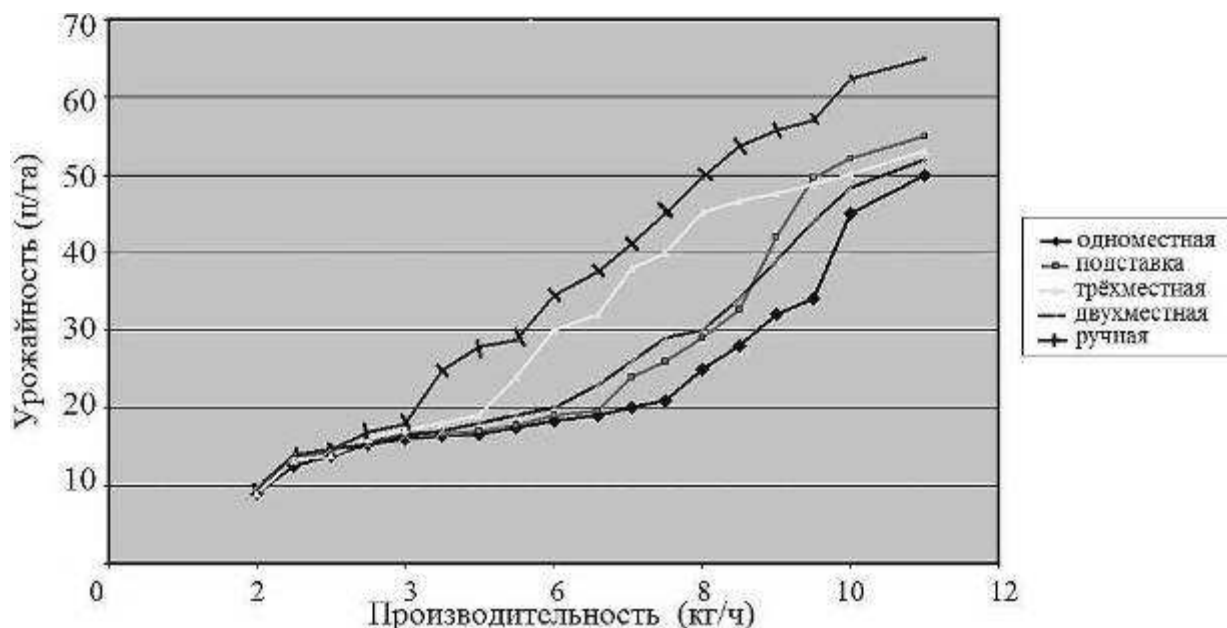


Рисунок 17 - Зависимость производительности уборки с техническими средствами от урожайности

Анализ полученных результатов подтверждает предположение, что самым производительным является ручной сбор ягод с применением одноместной платформы. Это объясняется тем, что сборщик функционирует в привычном для него темпе и не подстраивается под ритм работы других сборщиков.

Использование подставки для тары достаточно эффективно, так как исключается перенос тары по полю. Однако при урожайности более 30 ц/га производительность сбора снижается из-за того, что при большой урожайности уменьшается зона перемещения сборщика по полю.

Применение трёхместной платформы оправдывает себя в большей степени при большей урожайности, так как сбор ведётся с шести рядов одновременно, и нет необходимости частого перемещения уборочного агрегата, когда рабочие большую часть времени заняты непосредственно сбором ягод.

В результате хронометража трудового процесса уборки ягод на плантации, установлено, что производительность сборщиков в течение дня зависит от применяемого ими технического средства (рисунок 18).

Согласно графику, при традиционном ручном сборе утром достигаются хорошие показатели производительности. Однако к концу смены они снижаются из-за тяжелых условий труда. Напротив, работа на одноместной платформе в течение дня показывает стабильный результат из-за того, что сборщик в положении сидя меньше утомляется, меньше тратит сил на передвижение, не перемещает тару, а основную часть времени занимается сбором.

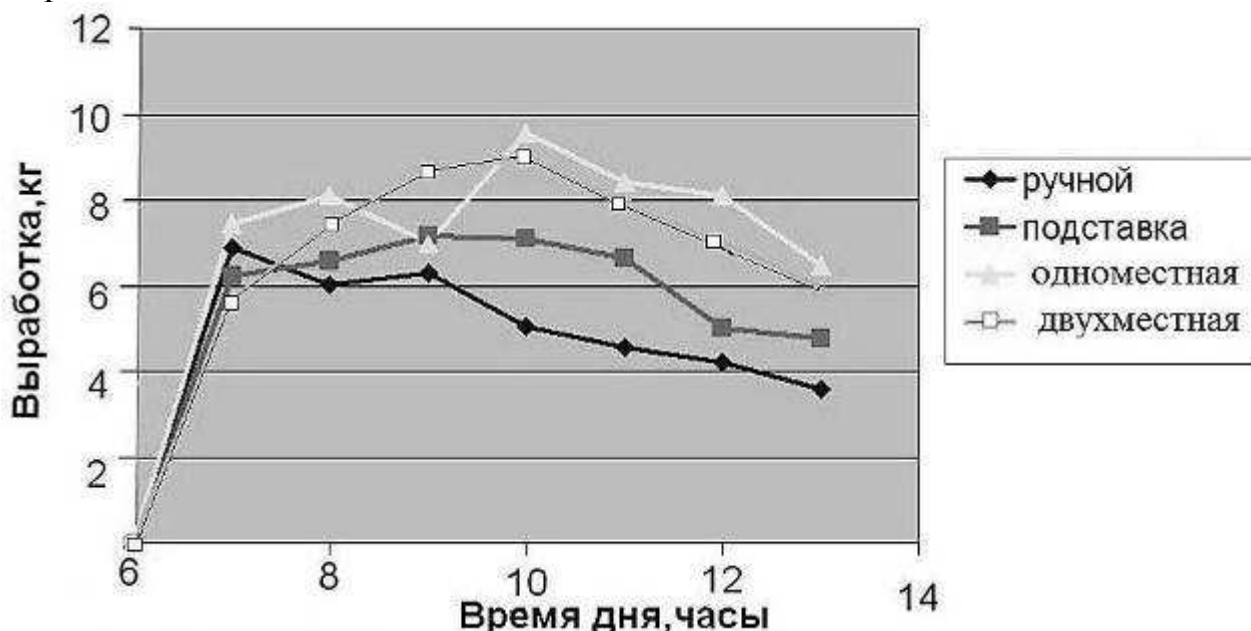


Рисунок 18 - Производительность сборщиков в течение дня при использовании технических средств

Исследование трудового процесса позволило оценить степень его тяжести и отнести работу на платформе по сумме показателей к категории труда средней тяжести, а по некоторым показателям - к категории лёгкого труда.

При помощи пульсомера РС-3 оценено изменение пульса сборщиков на уборочных работах с применением платформы ВПЗ-2 и без неё (рисунок 19). Установлено, что при работе без применения платформы пульс был выше на 10-17 ударов в мин., чем при работе на платформе. Это подтверждает тот факт, что использование платформы создаёт более комфортные условия труда.

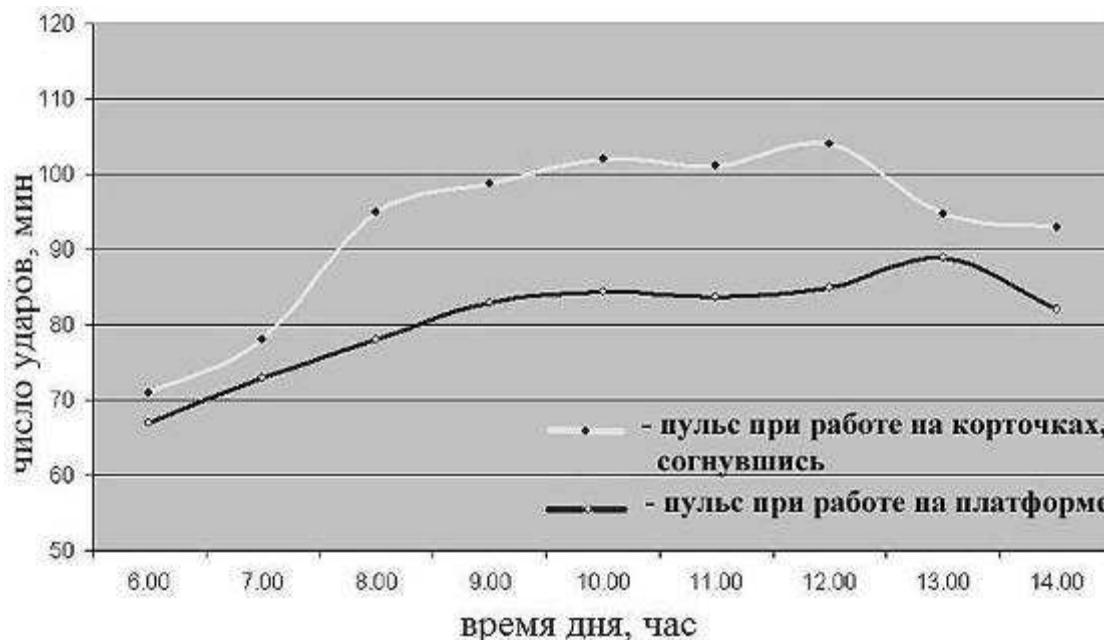


Рисунок 19 - Среднее изменение пульса при сборе в разных положениях
В четвёртой главе «Экономическая эффективность технологии ручной уборки земляники с применением технических средств» подтверждена целесообразность применения технических средств на промышленной плантации (рисунок 20).

Чистый дисконтируемый доход определим по формуле:

$$ЧДД = \sum_{t=1}^n (R_t - Z_t)(1+E)^{-t} - I_0, \quad (9)$$

где R_t - результаты, достигаемые на t -ом шаге;

Z_t - затраты, кроме капиталовложений;

n - горизонт расчёта;

I_0 - инвестиционные затраты;

E - ставка дисконтирования ($E = 0,10$)

n - период работы технических средств ($n = 10$ лет)

Таблица 3 Чистые дисконтируемые доходы. ($1/10^5$ руб.)

$t, год$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$(R_t - Z_t)/a_t$	-0,124	0,0457	0,1572	0,2937	0,4492	0,5784	0,6992	0,8293	0,9756

Исходя из расчётов, можно указать границы эффективного использования комплекса технических средств, включающего 7 работников,

одноместную платформу, двухместную велоплатформу, грузовую платформу и четыре подставки под тару. Зона эффективного использования комплекса технических средств начинается с урожайности в 18 ц/га. При этом срок окупаемости комплекса составляет 1,4 года (рисунок 20). При малой урожайности, а также при выборочном сборе каждому сборщику целесообразно применять лишь подставку под тару.

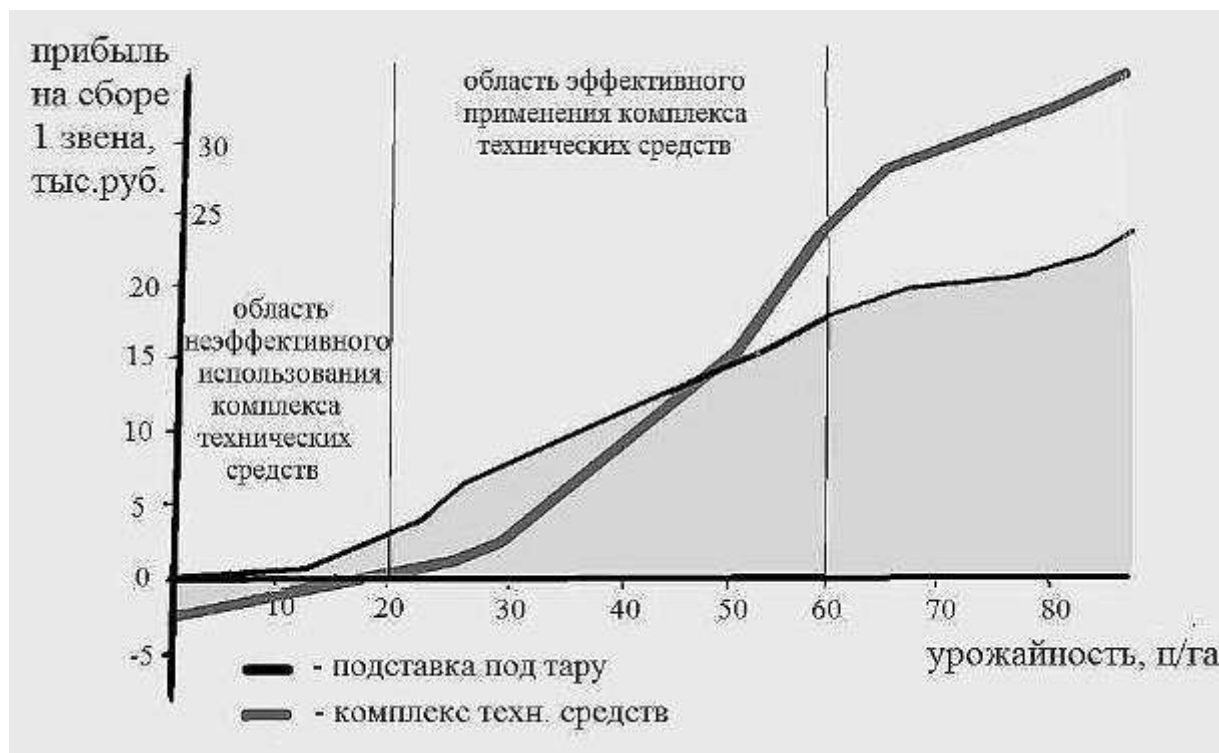


Рисунок 20 - Границы эффективного использования технических средств для уборки ягод земляники

ОБЩИЕ ВЫВООДЫ

1. В результате анализа известных способов и технических средств для ручной уборки ягод земляники установлено, что для более эффективного процесса сбора с наименьшей степенью утомляемости сборщики должны располагаться на платформах, сидя между рядами. Разработана классификация способов и технических средств для уборки урожая земляники.

2. Установлены оптимальные параметры рабочего места сборщика в положении сидя между рядами, обеспечивающие существенное повышение производительности ручного сбора земляники: предпочтительное расположение сиденья в продольном направлении находится в пределах 0,7...0,75 м от центра сиденья до стойки дополнительной рамы, свободное вращение сиденья в каждую сторону до 30°, высота подъема сиденья - до 9 см. Определена площадь моторного поля рук сборщика при работе одной от 0,692 до 0,828 м² и двумя руками от 0,318 до 0,373 м², в зависимости от наклона тела.

3. С помощью разработанной компьютерной программы на основе анкетирования проведено ранжирование факторов, влияющих на процесс

ручного сбора ягод земляники. Установлены доминирующие - урожайность, масса ягод, дружность их созревания, усилие отрыва, погодные условия, число ягод на цветоносе и т.д.

4. Получена зависимость производительности на сборе ягод от урожайности, количества мест на платформе, а так же установлено, что наличие сорной растительности практически не влияет на эффективность уборочных работ.

5. Применение платформы переводит труд сборщиков из категории тяжелого труда в категорию средней тяжести, снижает утомляемость при сборе ягод, что позволяет стабилизировать производительность сборщика в течение всей рабочей смены.

6. На основании предварительных испытаний велоплатформы для уборки ягод земляники ВПЗ-1 (ФГБНУ «Росинформагротех» протокол приёмочных испытаний № 15-01-2011 (9150016) ОТ 30 августа 2011г.

7. Проведена оценка экономической эффективности комплекса технических средств. Анализ экономических показателей выявил годовой экономический эффект от использования одного комплекса в размере 15,3 тыс. руб. Срок окупаемости капитальных вложений на приобретение или изготовление комплекта технических средств составляет 1,4 года.

Рекомендации производству.

1. При выборочном сборе ягод земляники обязательно использовать подставки для тары, выдаваемые каждому рабочему садовой бригады.
2. При урожайности плантации в день сбора 18-30ц/га бригаде из 7 человек следует применять 4 подставки для тары, одноместную и двухместную платформы. При более высокой урожайности необходимо использовать уборочную трёхместную и грузовую платформы.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих научных работах:

1. Филиппов, Р.А. Технические средства для совершенствования ручного сбора ягод земляники на промышленной плантации/ Р.А. Филиппов, Ю.А. Утков// Садоводство и виноградарство.-2010. - №2. – С. 37-40.

2. Филиппов, Р.А. Платформа для рационализации уборки ягод земляники / Р.А. Филиппов // Инженерные технологии и техника: сборник научных работ, «Конструирование, использование и надёжность машин сельскохозяйственного назначения». – Брянск. : БГСХА, 2011. – С. 20-24.

3. Филиппов, Р.А. Этапы разработки земляникоуборочной платформы ВПЗ-2/ Р.А. Филиппов // Плодоводство и ягодоводство России: Сб. науч. работ/ГНУ ВСТИСП Россельхозакадемии. – М., 2011. – Т. XXVII. – С. 267.

4. Филиппов, Р.А. Комплекс технических средств в технологии ручной уборки ягод земляники / Р.А. Филиппов // Механизация, электрификация и автоматизация сельскохозяйственного производства: материалы V междунар. науч.- практ. конф., «Наука и молодёжь: новые идеи и решения». – Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградская ГСХА, 2011. – Ч. III. – С. 292-296

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010614878 от 27 июля 2010 г. Определение значимости факторов и их ранжирование при возделывании земляники садовой в открытом грунте / В.В. Цибулевский, С.А. Твердохлебов, Ю.А. Утков, А.А. Цымбал, Р.А. Филиппов.

6. Патент РФ №2415550 С1 от 10 апреля 2011г. Платформа для ручной уборки урожая, посадки и ухода за низкорастущими культурами / И.И. Чухляев, Ю.А. Утков, А.А. Цымбал, В.В. Бычков, Р.А. Филиппов.