

Научно-производственное объединение
по сельскохозяйственному машиностроению
НПО ВИСХОМ



На правах рукописи

Шульженко Борис Алексеевич

УДК 631.332.02-52

**СОЗДАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ОБОСНОВАНИЕ
ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ КАССЕТНОЙ
РАССАДОПОСАДОЧНОЙ МАШИНЫ**

Специальность 05.20.04 – сельскохозяйственные и
гидромелиоративные машины;
05.20.01 – механизация сельскохозяйственного
производства .

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 1985

Работа выполнена в Научно-производственном объединении по сельскохозяйственному машиностроению (НПО ВИСХОМ).

Официальные оппоненты: доктор технических наук, старший научный сотрудник **Панов И. М.**,
кандидат сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник **Галушко Э. Д.**
Ведущая организация - ГСКБ по машинам для овощеводства (г. Москва).

Защита диссертации состоится 26 июня 1985 г. в 10 час на заседании специализированного совета К 132.02.01 по присуждению ученой степени кандидата технических наук Научно-производственного объединения по сельскохозяйственному машиностроению (НПО ВИСХОМ) по адресу: 127247, г. Москва, Дмитровское шоссе, 107.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке НПО ВИСХОМ.

Автореферат разослан 24 мая 1985 г.

Ученый секретарь специализированного совета
К 132.02.01, доктор технических наук

А. А. Сорокин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.

Актуальность темы. Рассадный способ возделывания овощных культур является одним из эффективных агротехнических приемов получения высоких урожаев в наиболее короткий срок. В нашей стране этим способом возделывают овощные культуры на площади 750 тыс. га. Ежегодная потребность в рассаде превышает 30 млрд. шт., из них свыше 5 млрд. шт. горшечной рассады.

Вместе с тем, рассадный способ является самым трудоемким в сельскохозяйственном производстве. На выращивание и посадку каждой тысячи штук рассады затрачивается 5-6 чел.-ч ручного труда. Основная причина кроется в низком уровне механизации операций выращивания, выборки и посадки рассады, на которые приходится 36% всех трудозатрат.

На основании анализа отечественной и зарубежной литературы установлено, что применение ячеистых кассет для выращивания и выборки рассады позволяет полностью механизировать эти операции. В то же время посадка рассады из ячеистых кассет выполняется вручную, так как конструкция известных кассет не отвечает требованиям механизации поштучной выемки рассады из ячеек и подачи ее в посадочный аппарат рассадопосадочной машины.

В связи с этим, актуальной задачей является разработка конструкции кассеты для выращивания и выборки рассады и рабочих органов машины для посадки рассады из кассет, что позволяет осуществить комплексную механизацию всего рассадного способа возделывания овощных культур, исключить тяжелый ручной труд и повысить производительность труда на всех операциях.

Цель работы. Создание конструкции и обоснование параметров рабочих органов кассетной рассадопосадочной машины, обеспечивающих механическую посадку, выращенной в кассете.

Объект исследования. Кассетная рассадопосадочная машина и ее рабочие органы.

Методы исследования. Теоретические исследования процессов взаимодействия рассады с рабочими органами рассадопосадочной машины

проводились с использованием основных законов теоретической механики и высшей математики (дифференциальное, интегральное и операционное исчисление, вариационная статистика).

При разработке методики инженерных расчетов конструктивных параметров кассеты и лентопротяжного механизма использовались закономерности теории прочности из курса сопротивления материалов.

Учитывая специфические особенности рассады овощных культур, лабораторные исследования по выявлению закономерностей посадки рассады проводились с использованием моделей рассады, специального стенда, оснащенного имитатором почвенной борозды, контрольно-регистрирующей аппаратурой, скоростной кинокамерой и программным управлением всем экспериментом. Свежая рассада использовалась для контрольной проверки выявленных закономерностей, при этом посадка осуществлялась в почвенном канале лабораторной установкой, агрегируемой с электротележкой.

Полевые исследования проводились в агротехнические сроки с применением свежей рассады, выращенной в кассетах в условиях пленочных теплиц, и макетного образца кассетной рассадопосадочной машины.

Производственную проверку результатов теоретических и экспериментальных исследований проводили в Опытном хозяйстве НИИОХ на посадке рассады капусты по методике ОСТ 70.5.3-82 «Рассадопосадочные машины, программа и методы испытаний».

Экспериментальная проверка аналитических зависимостей, полученных в результате теоретических исследований, осуществлялась на основе принципов планирования экспериментов и регрессионного анализа экспериментальных данных.

Научная новизна заключается в теоретическом обосновании принципиальной схемы и параметров рабочих органов кассетной рассадопосадочной машины:

- получено дифференциальное уравнение переходного процесса подачи рассады лентой кассеты в двухдисковый посадочный аппарат, решение которого с помощью оператора Лапласа позволило выявить закон изменения ускорения рассады в процессе ее разгона от скорости протяжки ленты кассеты до окружной скорости захватов посадочного аппарата;

- выведено уравнение, определяющее максимально допустимую рабочую скорость посадки рассады из кассеты в зависимости от прочностной

и размерно-весовой характеристики рассады, шага посадки и конструктивных параметров посадочного аппарата;

- разработана методика инженерного расчета конструктивных элементов спирально-ленточной кассеты и лентопротяжного механизма;

- выявлены и определены физико-механические и технологические свойства рассады, влияющие на выбор параметров и режимов работы рабочих органов.

Практическая ценность. Созданы макетные образцы спирально-ленточных ячеистых кассет для выращивания рассады капусты и кассетной рассадопосадочной машины, которые прошли лабораторно-полевые испытания и производственную проверку.

Новизна технических решений разработанных конструкций защищена авторскими свидетельствами СССР и патентами ГДР, Голландии, США, Финляндии и Японии.

Реализация результатов исследований и внедрение. Результаты исследований приняты ГСКБ по машинам для овощеводства (г. Москва) и использованы при создании комплекса кассетных рассадопосадочных машин (поз. С.М. 1985-1990 г.г.: Р66.70; Р66.122), КубНИИТиМом при разработке ОСТ 70.5.3-82 «Испытания сельскохозяйственной техники. Рассадопосадочные машины. Программа и методы испытаний» и НИИОХом при разработке агротехнических требований на рассадопосадочную машину автоматическую (Р66.100).

Апробация. Материалы диссертационной работы доложены на научно-производственной конференции овощеводов (г. Кишинев, 1974 г.), на Всесоюзном совещании по Системе машин для возделывания и уборки овощей в защищенном грунте (г. Москва, НПО ВИСХОМ, 1980 г.), на НТС ГСКБ по машинам для защищенного грунта (г. Ленинград, 1981 г.), на НТС ГСКБ по машинам для овощеводства (г. Москва, 1981 г.), на секции НТС НПО ВИСХОМ (1975, 1980, 1984), на конференции ученых Ставропольского СХИ (1983 г.).

Опытный образец кассетной рассадопосадочной машины АРМ-4 демонстрировался на международной выставке «Сельхозтехника 84» (г. Москва, ВДНХ, май-июнь 1984 г.).

Публикация. Основные положения диссертации опубликованы в 10 печатных работах (из них 8 авторских св. и патентов) объемом 2 п. л.

Структура и объем диссертации. Материалы диссертации изложены на 156 страницах машинописного текста и содержат: введение, пять глав, общие выводы и рекомендации, приложения, список литературы, включающий 65 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

Во введении показана актуальность темы, обусловленная необходимостью механизации трудоемких процессов возделывания овощных культур рассадным способом, изложены наиболее существенные результаты исследований, а также основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Состояние вопроса и задачи исследования» дан аналитический обзор научных трудов А. А. Черняка, В. Ф. Семенова, Ю. Ф. Скидана, Э. Д. Галушко, Л. М. Шульгиной, Г. И. Тараканова, Г. А. Микаеляна, Г. Д. Петрова (СССР), А. И. Зайкова, Р. Г. Траянова (НРБ), Э. Вальтера (ГДР), О. Гыбла (ЧССР), Ж. Лавсона, Г. Роджерса, В. Карлсона (США) и М. Кису (Япония), а также обзор патентных источников и проспектных материалов по технологическим процессам возделывания овощных культур рассадным способом и выбран перспективный кассетный способ выращивания и посадки рассады, наиболее полно отвечающий требованиям комплексной механизации трудоемких ручных операций.

Из анализа основных направлений развития конструкций кассет для выращивания рассады и машин для ее посадки установлено, что наиболее полно удовлетворяет требованиям механизации процесса посадки рассады спирально-ленточная ячеистая кассета. Поштучная подача рассады из такой кассеты в посадочный аппарат двухдискового типа (рис. 1), осуществляется простой перемоткой ленты кассеты на приемную катушку, при этом рассада подается в раствор дисков в вертикальном положении кроной вниз, а захват рассады происходит путем плавного защемления ее стебля в зоне штамба сходящимися дисками.

Посадку рассады из спирально-ленточных ячеистых кассет, как свидетельствуют патенты, можно осуществить и гравитационным способом, то есть под воздействием сил гравитации. Конструкция кассетной

рассадопосадочной машины при этом значительно упрощается из-за отсутствия в ней посадочного аппарата.

Анализ работ А.А. Черняка В.Ф. Семенова, А.И. Зайкова и других исследователей показывает, что в полевых условиях на качество посадки рассады «влет» (свободным полетом) заметное влияние оказывает парусность кроны рассады, тургор стебля, скорость посадки, влажность почвы и другие факторы. В условиях защищенного грунта значимость этих факторов снижается, поэтому гравитационный способ посадки рассады из кассет наиболее приемлем в теплицах на посадке рассады салата, огурцов, цветной капусты.

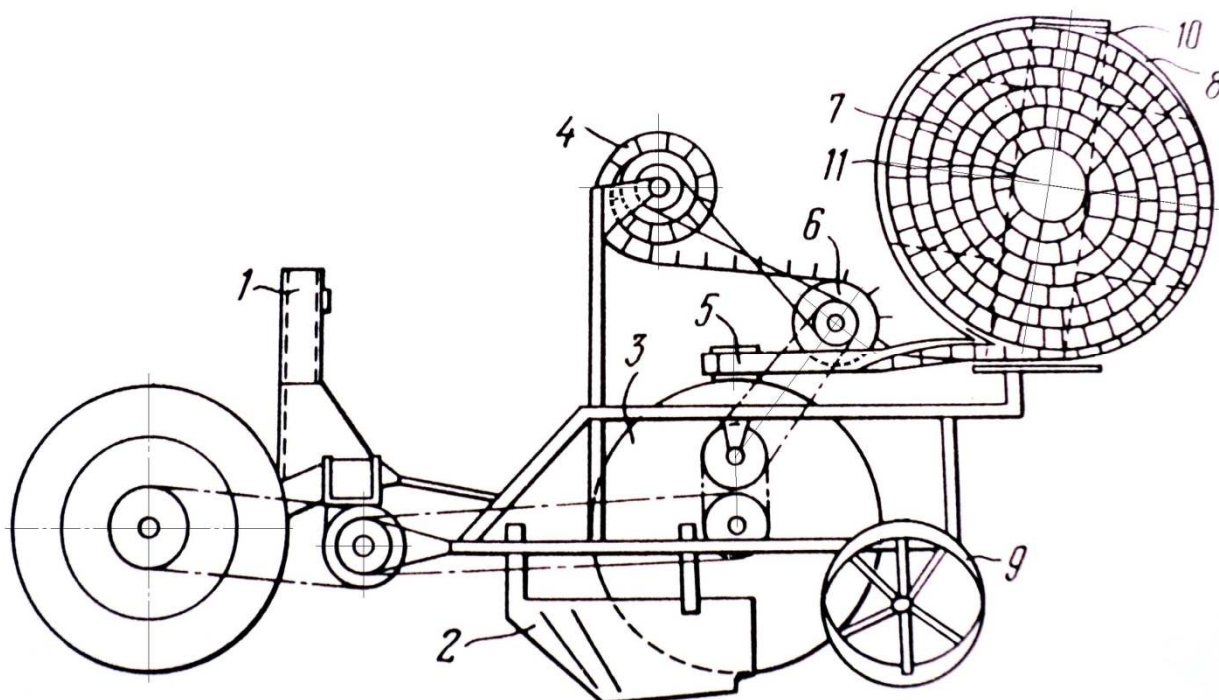


Рис. 1. Схема кассетной рассадопосадочной машины:

1- рама с опорно-приводными колесами; 2 – посадочная секция с сошником; 3 – двухдисковый посадочный аппарат; 4 – приемная катушка; 5 – лентонаправитель; 6 – лентопротяжный ролик; 7 – кассета; 8 – съемная платформа; 9 – прикатывающие катки; 10 – направляющий паз съемной платформы для свободного перемещения катушки; 11 – катушка кассеты.

Механизация процесса посадки рассады обеспечивает повышение рабочей скорости и частоты подачи рассады в посадочный аппарат. В результате динамические нагрузки на рассаду значительно возрастают. Изучение физико-механических и технологических свойств рассады необходимо для оптимизации параметров и режимов работы рабочих органов кассетной рассадопосадочной машины. Анализ работ А.А. Абашкина, Р.Д. Нурметова, А.С. Разалиева и других показывает, что

исследования физико-механических и технологических свойств рассады как объекта механизации необходимо продолжить.

Из поставленной цели исследований – создание конструкции и обоснование параметров рабочих органов кассетной рассадопосадочной машины – вытекают следующие задачи:

- определить физико-механические и технологические свойства рассады, выращенной в спирально-ленточной кассете;
- установить аналитические зависимости между конструктивными параметрами рабочих органов, показателями режимов их работы и свойствами рассады, и на их основе дать методику инженерного их расчета;
- провести экспериментальную проверку расчетных данных, обосновать основные параметры кассетной рассадопосадочной машины;
- разработать конструкцию кассетной рассадопосадочной машины и провести лабораторно-полевые испытания;
- провести производственную проверку и дать экономическое обоснование эффективности применения кассетной рассадопосадочной машины на примере посадки капусты белокочанной в условиях Московской области.

Во второй главе «Теоретическое обоснование параметров рабочих органов кассетной рассадопосадочной машины» аналитическим путем получены зависимости для расчета параметров и режимов рабочих органов кассетной рассадопосадочной машины.

При обосновании параметров спирально-ленточной ячеистой кассеты, исходя из технологических требований к ее конструкции, были приняты, как исходные, следующие зависимости:

$$h = \frac{2t}{\pi} \quad r_1 = nh; \quad r_2 = (n + 0.5)h ; \quad (1)$$

где: h – высота перегородки, определяющая шаг спирали кассеты, м;

t – расстояние между перегородками, м;

n – количество полных витков спирали кассеты включая витки спирали, образующие катушку n_0 ;

r_1 - первый наружный радиус кассеты, меньший, м;

r_2 - второй наружный радиус кассеты, больший, м .

На основании зависимостей (1) получены расчетные формулы для определения;

- радиусов катушки

$$r_1^k = n_0 h, \text{ м}; \quad r_2^k = (n_0 + 0.5) h, \text{ м}; \quad (2)$$

- количество рабочих витков спиральной кассеты (витков с ячейками)

$$k = \frac{\sqrt{(4n_0 + 3)^2 + 8N} - (4n_0 + 3)}{4} , \quad (3)$$

где N – заданное агротребованиями количество ячеек в кассете, шт..

- наружных радиусов кассеты:

$$R_1 = r_1 + kh, \quad R_2 = r_2 + kh. \quad (4)$$

- допускаемого усилия натяжения ленты кассеты при намотке на катушку:

$$N_1, \text{ Н}, \quad (5)$$

где: N_1 - количество ячеек в первом витке спирали кассеты, прилегающем к катушке;

E_n - приведенный модуль упругости кассеты с рассадой, Па;

b - ширина перегородки, м;

δ - толщина перегородки, м;

$\mu = 2$ - коэффициент приведенной ширины перегородки кассеты с упруго заземленным одним концом;

- минимально допустимого размера опорной поверхности подъемно-транспортных устройств для выборки и перевозки кассет с рассадой

$$D_n \approx \frac{2}{3} D_{xy}, \quad (6)$$

где: D_n - диаметр опорной поверхности;

D_{xy} - средний наружный диаметр кассеты;

- крутящий момент на валу катушки кассеты:

$$M, \quad (7)$$

где φ_k - угол поворота кассеты, рад.;

- комплексную характеристику спиральной пружины лентопротяжного механизма:

$$\frac{B\delta_1}{l} = \frac{F_n h}{2\pi\theta E} (12\varphi_k + 90\pi), \quad (8)$$

где: B, δ_1, l - ширина, толщина и длина ленты пружины, м;

E - модуль упругости ленты пружины, Па;

θ - максимальный рабочий угол закручивания пружины, рад.;

- диаметр ролика, обеспечивающий раскрытие ячейки кассеты и выход рассады:

$$d_D = 3,6 h, \text{ м}. \quad (9)$$

При перегибе ленты кассеты с рассадой на ролике ячейки раскрываются, и рассада свободно выпадает в борозду. Рассада, выращенная в кассете, обладает свойством ориентации своего положения при свободном полете. Процесс ориентации происходит благодаря действию на крону рассады кратковременного импульса силы, приложенного к кроне на расстоянии l_1 от центра массы рассады:

$$l_1 = \rho_c^2 r^{-1}, \text{ м}, \quad (10)$$

где: ρ_c - радиус инерции рассады относительно центра ее масс, м;

r - расстояние от центра масс комлевой части рассады до центра масс всей рассады, м.

Расстояние от дна борозды до ленты кассеты

$$, \text{ м}, \quad (11)$$

где: d - диаметр кроны листьев рассады, м;

v_n - скорость перемотки ленты кассеты, м/с.

Максимально допустимая частота посадки рассады гравитационным способом лимитируется только длиной стебля рассады l_n :

$$\lambda \leq \sqrt{\frac{g}{2(l_n - t_n)}}, \text{ шт./с} \quad (12)$$

Например, для посадки горшечной рассады капусты белокочанной, у которой $l_n = 0,35$ м, $t_n = 0,01$ м, $\rho_c = 0,081$ м, $r = 0,04$ м, в рассадопосадочной машине точка выпадения рассады из ленты кассеты в борозду должна находиться на высоте $H_{\text{min}} = 0,465$ м от дна борозды, а частота посадки λ не должна превышать 4 шт./с.

защищенного грунта. На открытом грунте, ввиду влияния ветра на крону рассады, целесообразно использовать двухдисковый посадочный аппарат. Процесс передачи рассады из ленты кассеты в двухдисковый посадочный аппарат показан на рис. 2. Лентой кассеты 1 рассада 2 подается со скоростью v_n в раствор между дисками посадочного аппарата 3 и защемляется упругими кольцами 4. В процессе защемления стебля рассады упругими кольцами возникает переменная сила трения стебля о рабочую поверхность упругих колец F , величина которой зависит от жесткости резины c , угла защемления α , коэффициента трения f :

$$F = fcs\text{t}\alpha \quad , \quad \text{H}, \quad (13)$$

где x – перемещение рассады от начала ее защемления.

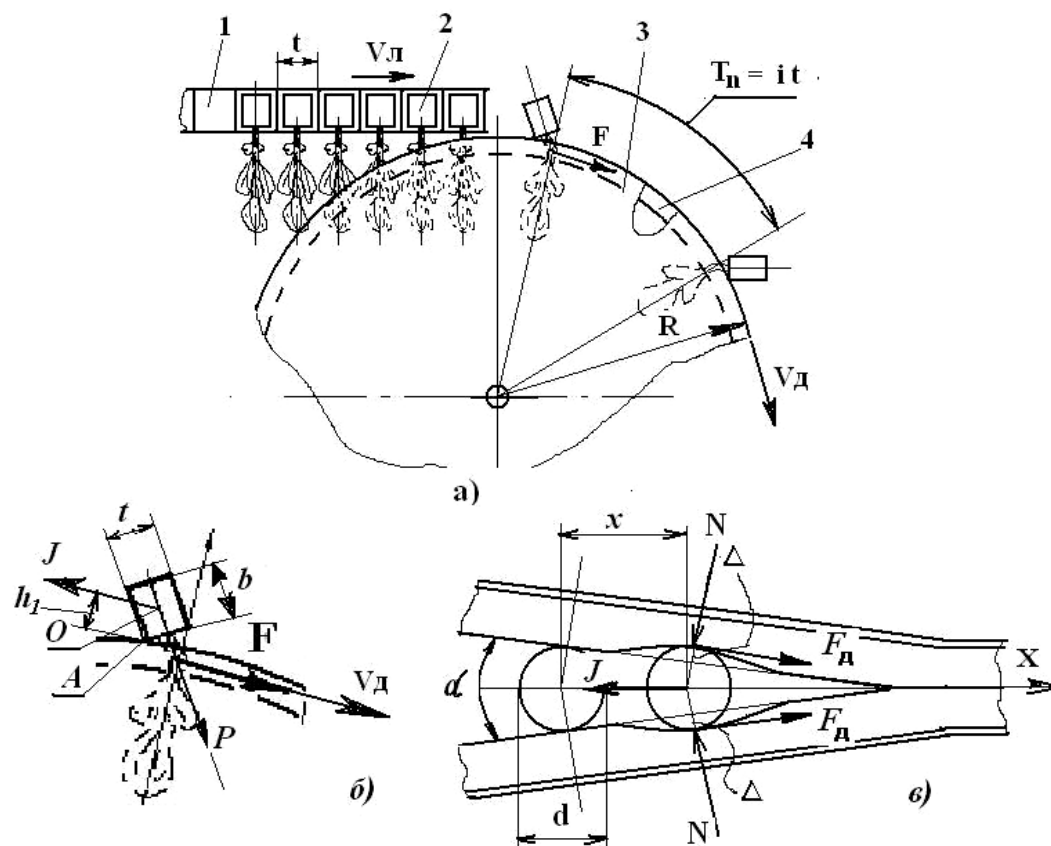


Рис. 2. Расчетная схема процесса подачи рассады из спирально-ленточной кассеты в двухдисковый посадочный аппарат: а) – схема процесса «растягивания» шага расположения рассады в ленте кассеты t_l до шага посадки T_n в борозду; б) – схема сил, действующих на рассаду в период ее разгона посадочными дисками; в) – схема защемления стебля рассады посадочными дисками; 1 – лента кассеты; 2 – рассада, выращенная в кассете; 3 – посадочные диски; 4 – упругие кольца посадочных дисков.

Путь разгона рассады от v_l до V_d находится в пределах 1...1,5 см, поэтому его кривизной с радиусом дисков R можно пренебречь. Тогда, воспользовавшись теоремой об изменении кинетической энергии тела при прямолинейном поступательном движении, получим дифференциальное уравнение переходного процесса разгона рассады от v_l до V_d :

$$\ddot{x} + q^2 x = q^2 V_{\text{д}} \frac{x}{\bar{x}}, \quad (14)$$

где $q = \sqrt{\frac{fcs\text{t}\alpha}{M}}$, с^{-1} .

Условием, ограничивающим частоту посадки рассады, служит неравенство:

$$Jh_1 < \frac{1}{2}Pt, \quad (15)$$

где $J = m_k \bar{x}_{max}$ – максимальная сила инерции, действующая на комлевую часть рассады в период ее разгона от v_l до V_d ;

P – сила, действующая на разрыв стебля рассады в зоне его защемления, Н.

Ускорение рассады \ddot{x} в процессе ее разгона от v_l до V_d определим решением дифференциального уравнения (14) методом операционного исчисления с использованием преобразования Лапласа:

$$\ddot{x}(t) = \frac{1}{2}q(V_d - v_l)stnqt \quad (16)$$

Полученное уравнение показывает, что ускорение рассады в период ее разгона изменяется по синусоидальному закону с максимальной амплитудой

$$\ddot{x}(t)_{max} = \frac{1}{2}q(V_d - v_l), \quad (17)$$

Совместное решение (15), (16) и (17) относительно частоты посадки рассады λ дает:

$$\lambda = \frac{2Pt}{b\varepsilon(Mfcsn\omega)^{0.5}(k_1T_n - t)}, \quad (18)$$

где: ε – удельная масса комлевой части рассады во всей массе рассады;

T_n – шаг посадки рассады в почву, м;

t – шаг между перегородками вдоль ленты кассеты, м;

b – длина перегородки, м;

$$k_1 = \frac{V_l}{V_n}$$

– кинематический параметр, устанавливающий отношение окружной скорости посадочных дисков V_n к поступательной скорости рассадопосадочной машины V_l , при которой обеспечивается вертикальность заделки рассады в борозде в пределах агротехнических требований ($\pm 30^\circ$).

Частота посадки рассады, в основном, лимитируется прочностью стебля рассады в зоне штампа на разрыв и величиной шага посадки T_n . Чем меньше шаг посадки, тем с большей частотой можно высаживать рассаду. В этом заключается одно из преимуществ посадки горшечной рассады двухдисковым посадочным аппаратом в сравнении с гравитационным способом посадки.

Применительно к посадке горшечной рассады из кассет дисковыми посадочными аппаратами дополнено динамическими параметрами горшечной рассады ранее известное аналитическое выражение для определения кинематического параметра k_1 , полученного М. И. Чубариным для посадки безгоршечной рассады:

$$k_1 = \frac{D}{D + b + 2\Delta - 2\rho_c(\epsilon - \epsilon^2)^{0.5}}, \quad (19)$$

где D – диаметр окружности захватов посадочных дисков, м;

b – высота кубика комлевой части рассады, м;

Δ – зазор между почвенным кубиком рассады и посадочным диском, величина которого не превышает 3 мм.

На основании теоретических зависимостей разработана номограмма для настройки автоматической рассадопосадочной машины на заданный шаг посадки и режим работы (рис. 3).

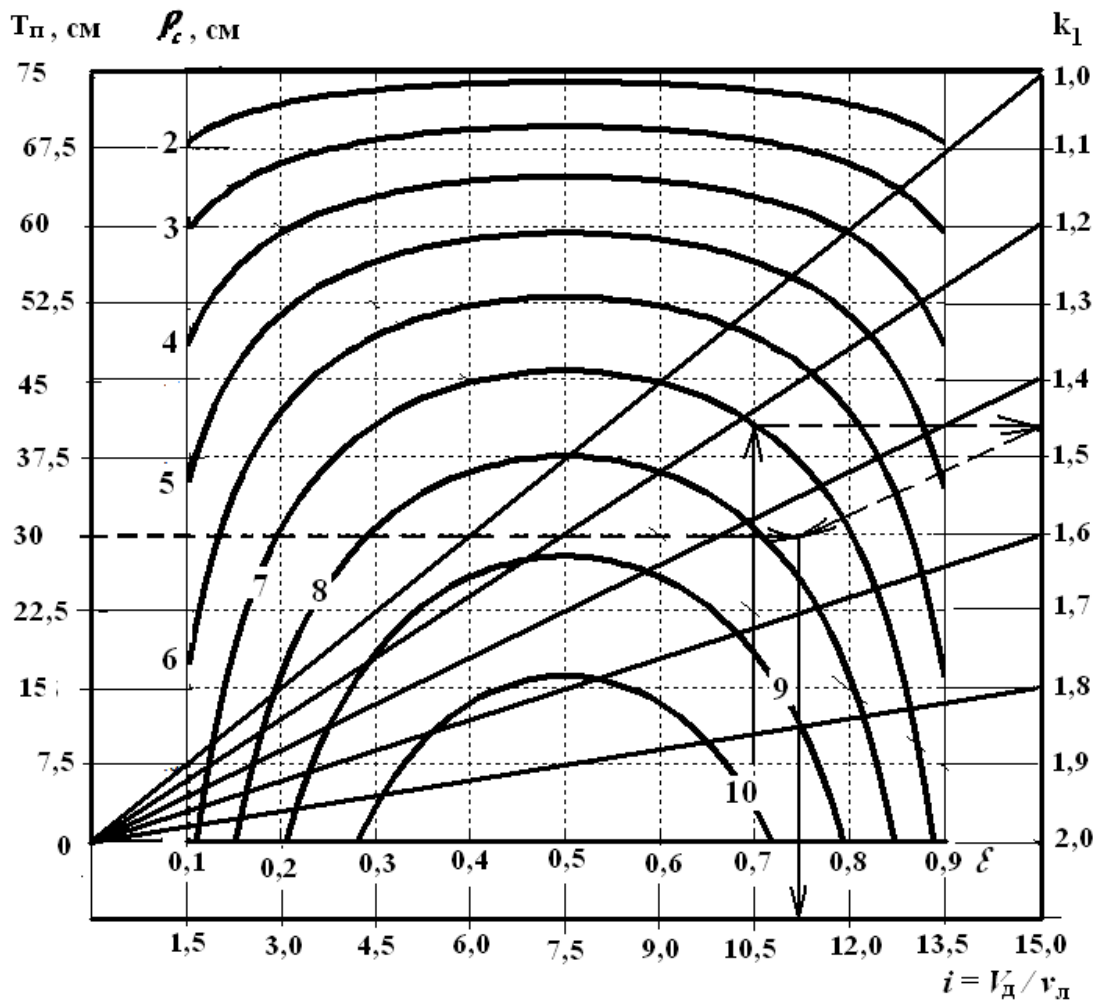


Рис.3. Номограмма настройки кассетной рассадопосадочной машины на заданный шаг посадки T_n и режим работы k_1, i при известных параметрах

рассады ρ_c и ϵ .

В координатных осях T_n, i при различных значениях k_1 построено семейство прямых линий, исходящих от начала координат. При $k_1 = 1$ прямая линия совпадает с диагональю квадрата номограммы. В

координатных осях \mathcal{E}, k_I при различных радиусах инерции рассады ρ_c

построено семейство кривых. Для настройки машины нужно знать

характеристику рассады \mathcal{E}, ρ_c и требуемый шаг посадки T_n .

В третьей главе «Программа и методика экспериментальных исследований, оборудование и приборы» изложены программа работ и методики экспериментальных исследований. Для проведения исследований разработана конструкция стенда с транспортером, имитирующим почвенную борозду. Управление стендом осуществляется в автоматическом режиме с помощью пульта с программным устройством.

Показания датчиков и измерительных приборов записывались на осциллограммы. Гравитационный способ посадки рассады исследовали с помощью скоростной киносъемки.

Физико-механические и технологические свойства рассады определялись с помощью специально созданных для этой цели оригинальных приборов. На основании данных измерений разработана модель рассады, размерно-весовая характеристика которой соответствовала реальному объекту и которая использовалась в дальнейших опытах. Результаты экспериментальных исследований обрабатывались методами регрессионного анализа с проверкой адекватности полученных моделей.

При проведении полевых опытов использовались методики приемочных испытаний рассадопосадочных машин.

В четвертой главе «Анализ результатов экспериментальных исследований» приведены характеристики физико-механических и технологических свойств рассады. В результате исследований определены: минимальное усилие разрыва стебля в зоне штампа 12 Н, усилие сплющивания стебля 20 Н/пог. см, наименьший радиус изгиба стебля в зоне штампа при влажности 65% равен 15 мм, при влажности 87% - 50 мм. Полученные значения характеристики рассады позволили определить положение ориентирующей поверхности при гравитационном способе посадки рассады:

- максимальный вылет относительно оси сошника

$$l_1 + r - \frac{\rho_c^2}{r} + r = \frac{8,1^2}{4} + 4 = 20,45 \text{ (см)};$$

- углы наклона:

$$\alpha = 25^\circ; \beta = 45^\circ.$$

Лабораторные исследования процесса посадки рассады гравитационным способом проводились на стационарном стенде с использованием на начальном этапе моделей рассады, а затем реальной рассады цветной капусты. При этом определялись статистические характеристики процесса.

Анализ опытных данных показывает, что среднее значение интервала времени между последовательными выпадениями рассады в зависимости от скорости перемотки ленты изменяется по гиперболическому закону:

$$, \text{ с}, \quad (20)$$

где t_n - шаг перегородок ленты кассеты, м;
 v_l - скорость перемотки ленты кассеты, м/с.

С увеличением шага посадки наблюдается незначительный рост среднеквадратического отклонения $\pm\sigma$, однако коэффициент вариации уменьшается с $V = 30\%$ при $T_n = 20$ см до $V = 12,7\%$ при $T_n = 110$ см.

Исследования гравитационного способа посадки рассады в лабораторных условиях показали высокую стабильность заданного шага посадки рассады в пределах изменений рабочей скорости $V_m = 0,1 - 2,0$ м/с. Однако, частота посадки, как показали опыты, не может быть более $\lambda=4-5$ шт./с из за нарушения процесса принудительной ориентации рассады.

При дешифровке кинограмм подтвердилась гипотеза о том, что в процессе принудительной ориентации рассады поворот ее осуществляется относительно центра комлевой части рассады. При этом, траектория центра масс совпадает с вертикальной плоскостью симметрии сошника.

На основании результатов лабораторных исследований гравитационного способа посадки рассады разработана и изготовлена полевая установка. Полевые опыты проведены в опытном хозяйстве НИИОХ (г. Мытищи). Результаты полевых опытов позволили уточнить параметры и режимы работы рассадопосадочной машины при гравитационном способе посадки. Качество посадки рассады соответствовало агротехническим требованиям.

Лабораторные исследования двухдискового посадочного аппарата проводились в почвенном канале. Характерная особенность посадки рассады двухдисковым аппаратом состоит в том, что переход рассады из ленты кассеты в посадочный аппарат сопровождается резким возрастанием ее скорости от v_l до V_d . При этом, как было установлено аналитическим

методом, ускорение рассады изменяется по синусоидальному закону, а максимальная амплитуда ускорения движения рассады прямо пропорциональна разности скоростей ($V_{\partial}-v_{л}$). Результаты опытов по измерению ускорения рассады представлены в таблице.

Т а б л и ц а.

Матрица экспериментов и результаты опытов

Номер опыта	$V_{\partial}-v_{л}$ м/с	X_{\square}	$X_{\mathbf{1}}$	Среднее значение ускорения, м/с ²			
				0,25 T	0,5T	0,75T	T
1	0,7	1	-1	24,8	35	25	0
2	1,1	1	-0,5	38,9	55	39	0
3	1,5	1	0	53,1	75	53	0
4	1,9	1	+0,5	67,2	95	67	0
5	2,3	1	+1	81,3	115	81	0

П р и м е ч а н и е : Здесь T – период разгона рассады от $v_{л}$ до V_{∂} , с.

Анализ полученных данных методами теории планирования многофакторных экспериментов позволили получить уравнение регрессии, адекватно описывающее процесс:

$$y = 75 + 40X_{\mathbf{1}} \quad (21)$$

Вычисленные значения ускорения совпадают со средними значениями ускорений, записанных на осциллограммах лабораторных опытов (рис. 4). Совокупность экспериментальных точек относительно теоретической кривой (синусоиды) была получена методом последовательного наложения осциллограмм одного опыта на график синусоиды.

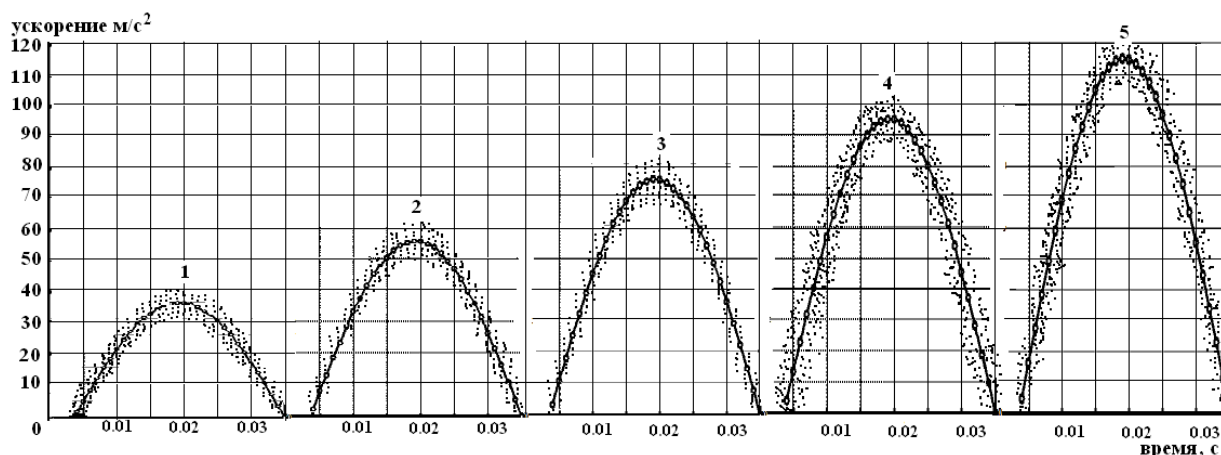


Рис. 4. Расположение экспериментальных точек относительно теоретических кривых (синусоидов) при скоростях: 1 – 0,7 м/с; 2- 1,1; 3 – 1,5; 4 – 1,9; 5 – 2,3 м/с.

Полевые опыты проводились в опытном хозяйстве НИИОХ на посадке рассады капусты. Рабочая скорость макета посадочной машины: 1,67; 2,85; 3,2; 5,5 км/ч, шаг посадки рассады: 18, 30 и 60 см. Показатели качества

посадки рассады капусты двухдисковым посадочным аппаратом удовлетворяют агротехническим требованиям по равномерности глубины посадки ($V=3,6-6,8\%$), по вертикальности посадки ($\gamma = 16-20^\circ$), по равномерности шага посадки ($V=12-24\%$).

Лабораторным опытом предусматривалось также определение максимального крутящего момента на валу привода посадочной секции. Измерительная аппаратура и оборудование включали: тензовал, осциллограф Н-700 и усилитель «Топаз». Результаты обработки осциллограмм показали, что максимальный крутящий момент на валу привода рабочих органов посадочной секции равен 36,6 Н·м.

Полученное значение максимального крутящего момента на валу привода одной посадочной секции является исходным для расчета всего механизма привода многорядной рассадопосадочной машины. Для 6-рядной машины потребуется максимальный крутящий момент на приводном валу – 220 Н·м.

В пятой главе «Оценка экономической эффективности кассетной рассадопосадочной машины и внедрение результатов исследований» приведено описание конструкции кассетной рассадопосадочной машины АРМ-4, результаты ее производственных испытаний, оценка экономической эффективности и сведения о внедрении результатов исследований в производство.

На основании данных теоретических и экспериментальных исследований была разработана техническая документация и на опытном заводе НПО ВИСХОМ изготовлен образец кассетной рассадопосадочной машины АРМ-4 с комплектом (30 шт.) спирально-ленточных ячеистых кассет. При создании макетного образца машины использовались узлы производственной рассадопосадочной машины СКН-6А: однобрусная рама с опорно-приводными колесами и маркерами, сошники, прикатывающие катки и элементы присоединения посадочной секции к однобрусной раме. В макетном образце предусмотрены регулировки ширины междурядий в пределах 60-70 см, шага посадки 5-65 см через каждые 5 см, глубина посадки 8-12 см. Пределы этих регулировок соответствуют схеме производственной рассадопосадочной машины СКН-6А.

Полевые испытания макета кассетной рассадопосадочной машины проводили по трем видам показателей согласно ОСТ 70.5.3-82: агротехническим, эксплуатационно-технологическим, экономическим в сравнении с машиной НРМ-6, в которой подача горшечной рассады в борозду осуществляется вручную. Для этих целей в пленочных теплицах ОПХ НИИОХ была выращена рассада капусты белокочанной в количестве 15000 шт. (в 30-и кассетах по 500 шт. в каждой кассете).

Качество посадки рассады кассетной рассадопосадочной машиной АРМ-4 по всем показателям превышает качество посадки машиной НРМ-6. Коэффициент вариации среднего значения шага

посадки у АРМ-4 24% против 35% у НРМ-6. После прохода машины АРМ-4 не требуется ручная оправка и подсадка рассады, в то время как после посадки машиной НРМ-6 20% рассады требует такой доработки.

Анализ показателей эксплуатационно-технологической оценки также свидетельствует о том, что использование кассетной рассадопосадочной машины обеспечивает снижение затрат труда в 7 раз.

В результате повышения производительности труда в 7-10 раз потребность в людских ресурсах снижаются в 2 раза при одинаковом объеме выполненных работ.

Техническая вооруженность труда при использовании кассетной рассадопосадочной машины АРМ-4 в 7,2 раза выше, чем при использовании НРМ-6.

Годовой народно-хозяйственный эффект от применения одной кассетной рассадопосадочной машины составит 16 тыс. руб., а от применения 100 машин, планируемых к выпуску на третий год внедрения составит 1,6 млн. руб..

Результаты теоретических, экспериментальных исследований и хозяйственной проверки макета машины АРМ-4 использованы НИИОХом при разработке агротехнических требований на кассетную рассадопосадочную машину.*)

Комплекс машин для кассетного способа производства рассады включен в «Систему машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства на 1981-1990 г.г.», поз. Р66.70, Р66.122.

Кассетная рассадопосадочная машина АРМ-4 с комплектом кассет прошла испытания в опытном хозяйстве НИИОХ (г. Мытищи). Суммарная наработка составила 2 га на открытом грунте, на площади 0,4 га был заложен сравнительный опыт на урожайность, результаты которого не выявили разницы по урожайности делянок, засаженных обычной горшечной рассадой и рассадой из кассет. В обоих случаях урожайность составила 517 ц/га.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Анализ принципиальных схем и конструкций кассет для выращивания рассады и рассадопосадочных машин позволил

установить, что наиболее перспективным и экономически выгодным является использование спирально-ленточных машин, обеспечивающих механизированную выборку и посадку рассады.

2. Данные исследований позволяют рекомендовать следующие основные параметры кассеты: наружный диаметр 1050 мм, диаметр отверстия под катушку 190 мм, размеры ячейки кассеты 50 x 31,8 x 60 мм, количество ячеек 500-550 шт.

3. Определены показатели физико-механических и технологических свойств рассады, влияющие на выбор параметров и режимов работы кассетной рассадопосадочной машины:

4.

*) Агротехнические требования утверждены Министерством сельского хозяйства СССР и Госкомсельхозтехникой СССР от 13.01.1981 г.

[σ]

- напряжение разрыва стебля в зоне штампа не менее $\sigma = 9 \cdot 10^5$ Па;
[σ]

- напряжение сжатия стебля в зоне штампа не менее $\sigma = 5 \cdot 10^5$ Па;
- отношение массы комлевой части рассады ко всей ее массе не более

$\epsilon = 0,8$;

- радиус инерции рассады относительно ее центра тяжести $\rho_c = 7 \dots 9$ см;
- радиус изгиба стебля в зоне штампа не менее 50 мм при влажности стебля 87%;

- высота стебля рассады не менее 15 см.

4. В условиях защищенного грунта качественная посадка рассады достигается при высоте ее свободного падения на дно борозды не менее 530 мм при установке ориентирующей поверхности. Частота посадки рассады должна находиться в пределах $3-4 \text{ с}^{-1}$.

5. Для обеспечения качественной посадки рассады в условиях открытого грунта рекомендуется использовать двухдисковый посадочный

аппарат. При этом максимально допустимая разница окружной скорости диска и ленты кассеты не должна превышать 2,4 м/с.

6. Отклонение стебля высаженной рассады от вертикали в пределах агротехнических требований $\pm 30^\circ$ обеспечивается разницей окружной скорости посадочных дисков и скорости агрегата в 1,3-1,5 раза.

7. Применение кассетных рассадопосадочных машин АРМ-4 позволит повысить производительность труда в 6-7 раз. Годовой экономический эффект составит при этом 225 руб./га.

8. Результаты исследований использованы ГСКБ по машинам для овощеводства при разработке кассетной рассадопосадочной машины (поз. С. М. Р66.70, Р66.122).

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Основные направления механизации выращивания и посадки рассады. – Картофель и овощи, 1972, № 11. (Соавторы Беляев Е.А., Параева Т.В.).

2. Гравитационный способ посадки рассады из спирально-ленточных кассет. М.: ЦНИИТЭИ тракторосельхозмаш, 1974, вып. 1. (Соавтор Беляев Е.А.).

3. А. с. №393982 (СССР). Мкл. А01С 11/02. Кассета для выращивания и пересадки рассады. – Оpubл. Б.И., 1973, №34 (Соавторы Беляев Е.А. и др.).

4. Перспективное направление в создании автоматической рассадопосадочной машины. В кн. Промышленная технология возделывания овощных культур. Тезисы докладов научно-производственной конференции. – Кишинев, 1974. (Соавтор Беляев Е.А.).

5. Сеянцы картофеля в кассетах. – Картофель и овощи, 1978. № 5 (Соавтор Логинов И.Я. и др.).

6. Исследование процесса автоматической подачи рассады в посадочный аппарат рассадопосадочной машины. – Труды ВИСХОМа, вып. № 93, 1978, (Соавтор Беляев Е.А.).

7. Выбор оптимальных режимов работы двухдискового посадочного аппарата автоматической рассадопосадочной машины. – Тракторы и сельхозмашины, 1978, № 12.

8. К исследованию гравитационного способа посадки брикетированной рассады. В кн. Ягодководство в Нечерноземье. Сб. науч. трудов НИИЗИСИП, М. 1980. (Соавторы Брик В.С., Церцвадзе Э.Н.).

9. Разработка комплексов машин для возделывания рассады. В кн. Система машин для возделывания и уборки овощей в защищенном грунте. Тезисы докладов Всесоюзного совещания, М., 1980.

10. Патент ГДР № 144346, Мкл. А01 С 11/02, 1980, (Соавторы Беляев Е.А., Липов Ю.Н. и др.).

11. Патент Голландии № 7811950, Мкл. А01 С 11/02, 1984. (Соавторы Беляев Е.А., Липов Ю.Н. и др.).

12. Патент США № 4253411, Мкл. А01 С 11/02, 1981. (Соавторы Беляев Е.А., Липов Ю.Н. и др.).

13. Патент Финляндии № 62926, Мкл. А01 С 11/02, 1983. (Соавторы Беляев Е.А., Липов Ю.Н. и др.).

14. Патент Японии № 1140947, Мкл. А01 С 11/02, 1984. (Соавторы Беляев Е.А., Липов Ю.Н. и др.).

15. А. с. №843815. Мкл. А01 С 11/02. Рассадопосадочная машина. Оpubл. в Б.И. 1981, № 25.

16. А. с. № 895312, Мкл. А01 С 11/02, Кассета для выращивания и пересадки рассады. – Оpubл. в Б.И., 1982, № 1.

17. К обоснованию параметров рабочих органов автоматической рассадопосадочной машины. В кн. Научные основы разработки машин для защищенного грунта. М., ВИСХОМ, 1983.

18. ОСТ 70.5.3.82. Испытание сельскохозяйственной техники. Рассадопосадочные машины. Программа и методы испытаний. Исполнители: Марченко Р.А., Шульженко Б.А. и др..



Заказ № 607

Л-75467 от 08.05.85 г.

Т – 100 экз.

Группа оперативной полиграфии
127247, Москва, Дмитровское шоссе, 107, ВИСХОМ