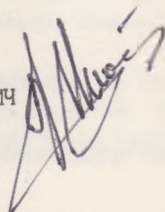


НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
" АРМ'СЕЛЬХОЗМЕХАНИЗАЦИЯ "

На правах рукописи

МЕГРАБЯН АРМЕН ШАВАРШОВИЧ

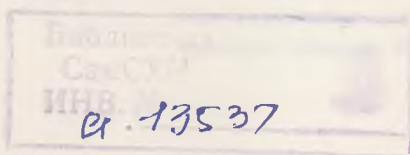


СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ
И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ
МАШИНЫ ДЛЯ ВЫЕМКИ ПОЧВЫ ТЕПЛИЦ

Специальность 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



Ереван - 1991

Работа выполнена в Армянском научно-исследовательском институте механизации и электрификации сельского хозяйства НПО "Армсельхозмеханизация" (НПО "АрмСХМ").

Научный руководитель - кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
Меликян К.Г.

Официальные оппоненты- доктор технических наук,
профессор Григорян Ш.М.

- кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
Александрян А.А.

Ведущее предприятие - НПО "Грузсельхозмаш"

Защита диссертации состоится *24* декабря 1991г. в II часов на заседании специализированного совета Д 132.03.01 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора наук при научно-производственном объединении "Армсельхозмеханизация" по адресу: 378418 Республика Армения, Наирыйский район, поселок Прошян, НПО "Армсельхозмеханизация".

С диссертационной работой можно ознакомиться в библиотеке объединения.

Автореферат разослан *22-нояб* 1991г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Повышение благосостояния народа непосредственно связано с проблемой резкого увеличения производства овощей. Коренное ее решение зависит от интенсификации производства овощей, выращенных в защищенном грунте. Затраты труда по обработке почвы и уходу за тепличными растениями, непосредственно зависят от уровня механизации операций, который остается еще низким.

Практика эксплуатации теплиц показывает, что тепличная почва со временем теряет свои плодородные свойства, обесструктурируется и заражается, в результате чего резко снижается урожайность культур.

Единственным мероприятием против этого, без которого интенсивное и эффективное использование теплиц невозможно, является замена верхнего почвенного слоя толщиной около 30 см. В общем комплексе работ эта операция является самой трудоемкой и наименее механизированной.

Несмотря на важность вопроса, не отработана до конца технология удаления тепличной почвы и нет достаточно эффективных технических средств для ее осуществления. Там, где это возможно, эта операция производится с использованием бульдозеров и погрузчиков общего назначения. Однако в основном традиционная техника практически не пригодна для выемки почвы теплиц, особенно блочного типа, из-за ограниченности места работ по ширине и высоте, наличия опор, балок, стоек, подкосов и регистров надпочвенного обогрева.

Из изложенного следует, что исследования, посвященные совершенствованию технологии удаления тепличной почвы и обоснованию параметров рабочих органов специальной машины для выемки почвы, обеспечивающих намеченный технологический процесс, являются актуальными и имеют как научное, так и большое практическое значение.

Цель и задачи исследований. Целью настоящей работы является исследование процесса выемки почвы из ангарных и блочных теплиц, а также обоснование технологической схемы и основных параметров разработанных рабочих органов машины для выемки тепличной почвы.

В соответствии с поставленной целью, выдвинуты следующие задачи исследований:

- исследование и обоснование технологической схемы процесса выемки тепличной почвы;
- разработка комбинированных шнековых рабочих органов заборного устройства машины, обоснование их конструктивной схемы, основных параметров и режимов работы;
- исследование процесса работы ленточного отгружающего транспортера машины и обоснование его основных параметров;
- экспериментальное исследование рабочих органов машины, уточнение его качественных, технико-эксплуатационных и экономических показателей.

Объекты и место исследований. При разработке и обосновании параметров рабочих органов машины для выемки почвы объектами исследований являлись:

- двухшнековый рабочий орган заборного устройства с активными ротационными Г-образными ножами по а.с. I548356;
- подгребающие шнеки с поворотными самоустанавливаемыми плоскими ножами по а.с. I647088;
- шнековые рабочие органы с жестко закрепленными на витках шнека плоскими ножами;
- серийные подгребающие шнеки (без ножей) заборного устройства;
- ленточный отгружающий транспортер машины МВС-4М.

Исследования и производственные испытания проводились в лаборатории применения электроэнергии, машин для защищенного грунта и средств малой механизации НИО "АрсХМ" и в Разданском, Арамусском, Абовянском и Масисском тепличных комбинатах республики, а также в Октемберянском эфиромасличном совхоз-заводе "Герань" при выемке песочного грунта теплиц.

Методика исследований. Разработка и обоснование параметров рабочих органов машины были проведены на основе теоретических и экспериментальных исследований с учетом агротехнических, технологических, конструктивных и качественных показателей исследуемого процесса.

Теоретические исследования были проведены с использованием положений математического анализа, аналитической геометрии и теоретической механики.

В экспериментальных исследованиях применены различные методы электрических измерений. Обработка и анализ результа-

тов опытных данных проводились методами математической статистики с использованием ЭЦВМ "Наири-2".

Научная новизна. На основании проведенных теоретических исследований разработаны конструкции комбинированных шнеков заборного устройства машины; обоснованы параметры ленточных и сплошных шнеков (горизонтально-поперечных); определены режимы работы и потребляемая мощность подгребающих шнеков; определены параметры и кинематические режимы работы рыхлительных ножей, установленных между витками шнека; обоснованы параметры ленточного отгружающего транспортера. Кроме того, экспериментальным путем подтверждены основные результаты теоретических изысканий и установлено влияние различных подгребающих шнеков на качественные и энергетические показатели технологического процесса выемки почвы, а также разработана технологическая схема работы машины в блочных и ангарных теплицах.

Новизна конструктивных решений комбинированных шнеков, совмещающих транспортирование и рыхление почвы, защищена авторскими свидетельствами I548356 и I647088.

Реализация результатов исследований. По результатам исследований в НИО "Армсельхозмеханизация" спроектированы и изготовлены экспериментальные образцы рабочих органов, установленные на базовой машине МВС-4М. Модернизированная машина МВП-30 прошла широкие хозяйственные испытания, подтвердившие работоспособность машины.

Машина МВП-30 включена в Систему машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства на 1985-95гг. (шифр Р 66.132). Госкомиссией СМ СССР по продовольствию и закупкам утверждены заявка и исходные требования на разработку машины (регистр. № 27). Разработано и утверждено техническое задание (регистр. № 2516), а также проектно-конструкторская документация.

Результаты исследований приняты к использованию ГрузНИИМЭСХ и НИСТИО НИО "Днестр" для разработки рабочих органов машин, предназначенных для удаления почвенного слоя теплиц и выполнения других погрузочно-разгрузочных работ.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на заседаниях Ученого совета НИО "Армсельхозмеханизация" в период 1988...1991г.г., на заседании лаборатории применения электроэнергии, машин для защищенного грунта и средств малой механизации совместно со

П конструкторским отделом ГСХБ НПО "Арсельхозмеханизация" в 1991 г.

Публикация результатов исследований. Основное содержание диссертационной работы опубликовано в пяти научных трудах, в том числе двух авторских свидетельствах.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов и предложений, библиографии из 122 наименований, из которых 9 на иностранных языках. Работа изложена на _____ страницах машинописного текста и содержит 54 рисунка, 21 таблицу и 9 приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы и приведены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе диссертации, на основе изучения и анализа информационных и патентных источников, изложено современное состояние вопроса механизации погрузочно-разгрузочных работ по удалению почвенного слоя теплиц, приведены существующие технологические схемы для выполнения этой операции и классификация технических средств по способам выполнения технологического процесса, типу рабочих органов и их приводу. Сформулированы цель и задачи исследований.

Анализ состояния вопроса показал, что наиболее рациональным и производительным способом для выполнения погрузочно-разгрузочных работ в защищенном грунте является непрерывный (поточный) способ. При выборе технологической схемы работы погрузчика тепличной почвы и типа его рабочих органов необходимо учитывать основные критерии: физико-механические свойства почвогрунтов; способность рыхления, подгребания, подъема и разгрузки удаляемой почвы в транспортное средство; производительность, режимы работы и тип привода рабочих органов; энерго- и трудозатраты процесса выемки; универсальность технологической схемы работы машины; его маневренность и габариты.

Установлено, что среди существующих погрузочно-разгрузочных машин наиболее эффективными для работы в условиях теплиц являются самоходные комбинированные погрузчики с отдельным электроприводом рабочих органов и ходовой части.

Разработкой новых технических средств для работы в теплицах занимался ряд научно-исследовательских и конструкторских организаций. Проведенные исследования показали, что к машине

для выемки почвы предъявляются следующие основные требования: снятие почвенного слоя толщиной до 30 см и погрузка в транспортное средство, высокая маневренность и производительность, качественное выполнение процесса в ангарных и блочных теплицах, использование электрического привода, экономичность, универсальность и безопасность проведения работ.

Всем этим требованиям наиболее достаточно удовлетворяет гусеничная электрическая самоходная машина МВС-4М, предназначенная для выгрузки минеральных удобрений из вагонов. Принцип работы этой и подобных машин (ППС-1,2, МГУ, Р 6-МГ-ЛУ, Д-565, Д-452, МВС-4 и созданная на ее базе машина конструкции УНИИМЭСХ) заключается в подгребании материала двумя соосными горизонтальными шнеками к ковшовому элеватору, который поднимает материал и передает ленточному транспортеру, откуда материал отгружается в кузов транспортного средства.

Однако установлено, что практическому использованию машины МВС-4М в теплицах препятствует следующее.

1. Подгребающие шнеки заборного устройства (питателя) предназначены в основном для поперечного транспортирования материала к ковшовому элеватору, поэтому при одновременном поступательном движении машины шнеки подвергаются чрезмерным нагрузкам, что приводит к их деформации, перегреву электроприводов заборного устройства и ходовой части, уменьшению рабочей скорости и производительности процесса;

2. Для предотвращения этого необходимо предварительное рыхление почвы (вспашка и фрезерование), что способствует повышению трудозатрат и снижению эффективности процесса.

3. Большая габаритная длина машины (6,0м) существенно ухудшает маневренность, особенно в блочных теплицах с шириной пролетов 3,2 и 6,4м.

4. Недостаточная изученность технологического процесса выемки тепличных почв горизонтально-поперечно установленными шнеками, совершающими одновременно поступательное перемещение вместе с машиной.

Во второй главе работы исследован технологический процесс работы горизонтальных шнеков сплошного и ленточного типов, обоснованы их основные параметры и режимы работы, исследована кинематика рыхлительных ножей, установленных на шнеках, а также определены параметры отгружающего транспортера машины.

Наибольшая производительность горизонтального шнека и

наименьшие энергозатраты обеспечиваются предотвращением пересыпания почвы через вал сплошного шнека или через зазор N между лентой и валом ленточного шнека. Иначе, в обоих случаях прекращается транспортирование почвы вдоль оси шнека. С учетом этого, а также для уменьшения тягового сопротивления, принято, что наклонная поверхность транспортируемой почвы AB касательна к окружности вала сплошного шнека в точке D , а поверхность $A'B'$ касательна к окружности внутренней кромки ленты в точке D' (рис. I) Линии AB и $A'B'$ составляют с горизонталью угол φ - угол обрушения почвы в движении, $\varphi \leq 0,7 \varphi_0$ (φ_0 - угол естественного откоса). Перемещаемая почва представлена в поперечно-вертикальном сечении витка сплошного шнека сегментом ACB , а ленточного шнека - $A'C'B'$.

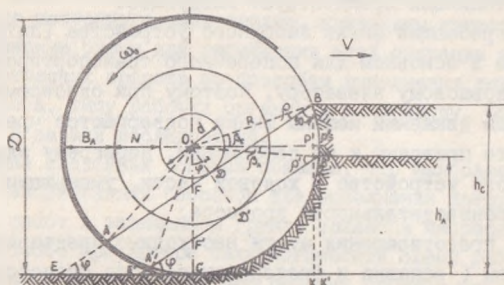


Рис. I. Расчетная схема для определения параметров сплошного и ленточного шнеков.

Для определения основных параметров подгребающих шнеков установлена зависимость глубины выемки h от диаметров шнека D и его вала d , ширины ленты B_A и угла φ , зависящего от физико-механических свойств почвы (h_c - для сплошного, а h_a - для ленточного шнеков).

$$h_c = 0,5 D \left[1 + \operatorname{tg} \varphi \cos(\varphi - \arcsin \frac{d}{D}) \right] - \frac{d}{2 \cos \varphi} \quad (I)$$

$$h_A = \frac{D}{2 \cos \varphi} \left\{ \cos \varphi - 1 + \sin \varphi \cdot \cos \left[\varphi - \arcsin \left(1 - \frac{2B_A}{D} \right) \right] \right\} + \frac{B_A}{\cos \varphi} \quad (2)$$

Исходя из конструктивных соображений, стандартом предусмотрено соотношение между диаметрами D и d , выраженными в мм.

$$d = 35 + 0,1 D \quad (3)$$

Шаг винтовой поверхности шнека S является одним из важных параметров шнека и зависит от его диаметра и угла подъема винтовой линии,

$$S = \pi D \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (4)$$

Для определения угла α исследовано движение почвенной частицы при вращении шнека по направлению угловой скорости ω_0 . Учитывая, что на частицу действуют следующие силы: сила тяжести G , сила трения о вращающуюся шнековую поверхность F_w , реакция этой поверхности R_w , сила трения частицы о поверхность почвы F_n , реакции поверхности почвы при вращательном и поступательном (стрелка V) движении шнека R_n и R'_n , составлены уравнения равновесия сил. Сумма проекций этих сил на направлении наружной винтовой кромки шнека и на нормаль к ней выражаются уравнениями

$$\left. \begin{aligned} 2F_w - G \sin \varphi \cos \alpha + F_n \sin \alpha - R'_n \cos \varphi \cos \alpha &= 0 \\ 2R_w - G \sin \varphi \sin \alpha - F_n \cos \alpha - R'_n \cos \varphi \sin \alpha &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

С учетом того, что $F_w = k_1 R_w$; $F_n = k_2 R_n$ (k_1 и k_2 - коэффициенты внешнего и внутреннего трения), окончательно получается

$$\alpha = \arcsin \operatorname{tg} \frac{\operatorname{tg} \varphi - k_1 k_2}{k_2 + k_1 \operatorname{tg} \varphi} \quad (6)$$

Для обесструктуренной, сухой тепличной почвы среднее значение угла подъема винта α составляет $7,5^\circ$.

Используя выражения (3) и (4), а также формулу (1), определены рациональные значения основных параметров сплошного шнека при наибольшей глубине выемки 30 см: диаметры шнека

$D = 470$ мм и вала $d = 82$ мм, а также шаг винта $S = 194$ мм.

Зависимость $h_A = f(D, B_A)$ для ленточного шнека, рассчитанная по формуле (2), представлена на рис. 2 (пространственная диаграмма I).

Для определения рациональных параметров ленточного шнека диаграмму I необходимо пересечь горизонтальными плоскостями, соответствующими данной глубине выемки. При $h_A = 30\text{см}$ (2) получаем линию пересечения ab , проекция $a'b'$ которой на

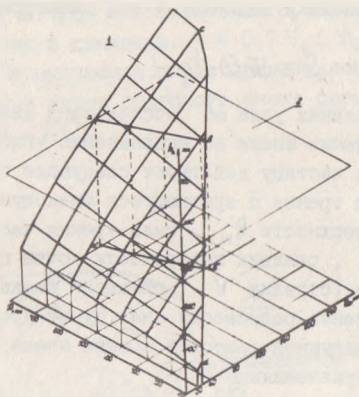


Рис.2. Диаграмма зависимости глубины выемки h_A ленточного шнека от диаметра D и ширины ленты B_A шнека (1); $h_A = 30\text{см}$ (2).

координатную плоскость DOB_A выражает зависимость рациональных значений D и B_A . Учитывая, что величины D , B_A и зазор N связаны друг с другом

$$N = \frac{0,9 D - 2 B_A - 35}{2}, \quad (7)$$

зная величину N , можно определить B_A , а затем D . При $N = 50\text{мм}$ ширина ленты составляет $B_A = 180\text{мм}$, а диаметр шнека $D = 550\text{мм}$ (при $h_A = 30\text{см}$ и $\psi_0 = 35 \dots 40^\circ$). С по-

мощь формул (3) и (4) определяются также значения диаметра вала $d = 90$ мм и шаг винта $S = 227$ мм. Для определения параметров ленточного шнека при меньших значениях h_{λ} построена номограмма (не приведена).

Режимы работы машины обусловлены, в первую очередь, режимами подгребающих шнеков - скоростью вращения шнеков и их поступательной скоростью вместе с машиной. От этих показателей зависит производительность шнеков, сплошных и ленточных ($\text{м}^3/\text{ч}$):

$$Q_c = 15 \pi (D^2 - d^2) S n \psi \quad (8)$$

$$Q_{\lambda} = 60 \pi B_{\lambda} (D - B_{\lambda}) S n \psi \quad (9)$$

где n - число оборотов вращения шнеков (об/мин); ψ - коэффициент производительности, зависящий от свойств почвы, режимов работы шнека, формы и размеров рабочей поверхности витка шнека. Установлено, что для средних значений ψ_0 и при определенных выше параметрах шнеков $\psi = 0,256 \dots 0,331$. Результаты исследований показали, что ленточные шнеки обеспечивают более высокую производительность, чем сплошные (при выбранных параметрах), особенно при больших значениях h и n . Ленточные шнеки более универсальны, так как их можно использовать для смешивания компонентов тепличных почв и других сыпучих материалов. Установлены также рациональные значения n в пределах $85 \dots 95$ об/мин.

Скорость осевого движения почвы V_0 определяется из формул

$$V_0^c = \frac{Q_c}{900 \pi (D^2 - d^2) \psi}; \quad V_0^{\lambda} = \frac{Q_{\lambda}}{3600 \pi B_{\lambda} (D - B_{\lambda}) \psi} \quad (10)$$

и составляет $0,15 \dots 0,16$ м/с, а угловая скорость ленточных и сплошных шнеков, определяемая по формуле $\omega_0 = \pi n / 30$, находится в пределах $8,9 \dots 9,94$ с^{-1} .

При выемке почвы принято собирающее направление движения транспортируемой почвы, когда левый 1 и правый 2 шнеки сгребают почву к центру, к ковшовому элеватору 3 (рис.3). Для наглядности изображены оба типа шнеков.

Общая производительность заборного устройства складывается из суммы производительностей обоих шнеков длиной (шириной захвата) $L_{\text{ш}}$ и той части производительности $Q_k = 60 B_k h V$ ковшового элеватора, которая необходима для снятия почвы перемещением самим (B_k - ширина захвата элеватора). Учитывая также ρ ,

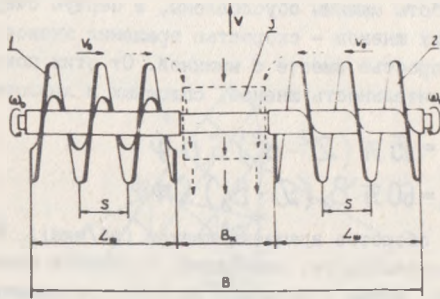


Рис.3. Схема заборного устройства (питателя) машины для выемки почвы.

что производительность машины $W = 60 V h B$ обусловлена, в свою очередь, общей производительностью заборного устройства, определена поступательная скорость машины V со сплошными и ленточными шнеками,

$$V_c = \frac{\pi(D^2 - d^2) S n \psi}{4 L_w h}; \quad V_n = \frac{\pi B_n (D - B_n) S n \psi}{L_w h} \quad (II)$$

В результате проведенных исследований обоснованы ширина захвата машины: $B = 1600$ мм, ковшевого элеватора $B_k = 450$ мм и длина шнека $L_w = 570$ мм. С учетом этих значений и параметров шнеков, определена зависимость $V = f(h)$, показывающая, что рабочая скорость экспериментальной машины при $h = 22 \dots 30$ см должна быть меньше, чем скорость базовой машины МВС-4М (8,2 м/мин). Это значит, что машина при выемке почвы должна работать в прерывистом режиме ходовой части.

Чистое время t_n заполнения грузовой платформы транспортного средства зависит от производительности машины W и грузопъемности платформы Q_w ,

$$t_n = \frac{3600 Q_w}{W} \quad (12)$$

Если удаляемая почва выгружается в кузов самоходного шасси Т-16М, то $Q_{ш} = 0,75 \text{ м}^3$. Зная также максимальную производительность (расчетную) $W = 110 \text{ м}^3/\text{ч}$ при $V = 6 \text{ м}/\text{мин}$ ($h = 30 \text{ см}$), можно вычислить ориентировочное значение $t_n = 24 \text{ с}$. Следует отметить, что в этом случае не учитываются силы сопротивления почвы, которые способствуют существенному снижению W и V , а следовательно и возрастанию времени t_n .

Установка на шнеках рыхлительных ножей способствует уменьшению сил сопротивления почвы, препятствующих поступательному перемещению шнека вместе с машиной. Для определения параметров и режимов работы ножей исследована кинематика ротационных ножей применительно к подгребающим шнекам.

Обоснована большая эффективность обратнoвращающегося комбинированного шнека, по сравнению с прямовращающимся. Основные преимущества - большая интенсивность рыхления, возможность работы с большей поступательной скоростью и производительностью меньшая энергоемкость и более устойчивый ход по глубине выемки.

Составлены уравнения абсолютной траектории движения ножей в параметрической форме, которая геометрически представляет собой циклоиду.

Определен кинематический параметр $\lambda = V_n / V$, где окружная скорость ножей $V_n = \omega_0 R_n$ (R_n - радиус поворота ножа). Установлено, что $\lambda = 25,4$, а это значит, что абсолютная траектория движения ножей представляет собой удлиненную циклоиду.

Модуль абсолютной скорости конца ножа определяется

$$V_a = \sqrt{V^2 + 2V V_n \cos \omega t + V_n^2} \quad (13)$$

Подставляя в (13) значения $V_n = \lambda V$ и $\omega_0 = \beta / t$ (β - угол, на который поворачивается нож из начального положения за определенное время t), окончательно получается

$$V_a = V \sqrt{1 + 2\lambda \cos \beta + \lambda^2} \quad (14)$$

Абсолютная скорость ножей V_a , т.е. фактическая скорость резания почвы зависит от угла поворота β и скоростей V и ω_0 .

Максимальные значения угла β , характеризующие момент выхода из почвы ножей, определяется

$$\text{при } h < R_n \quad \beta_{\max} = \arccos \left(1 - \frac{h}{R_n} \right) \quad (15)$$

$$\text{при } h > R_H \quad \beta_{\text{MAX}} = 90^\circ + \arcsin \left(\frac{h}{R_H} - 1 \right) \quad (16)$$

Анализ численных значений показывает, что при $h = 30 \text{ см}$ $\beta_{\text{MAX}} = 93^\circ$, а этому значению соответствует скорость резания $V_a = 152,2 \text{ м/мин}$.

Качество рыхления и энергоёмкость процесса зависят в основном от подачи на нож S_H и количества ножей Z на шнеке. Подача на нож, представляющая собой смещение траекторий соседних ножей по горизонтали, определяется

$$S_H = V t_z \quad (17)$$

где t_z - время, за которое нож поворачивается на угол между соседними ножами, равный $2\pi/Z$.

С учетом того, что $t_z = 2\pi/Z(\omega_0)$, $\lambda = V_H/V$ и $V_H = \omega_0 R_H$, из (17) получим:

$$S_H = \frac{2\pi V}{Z \omega_0} = \frac{2\pi V R_H}{Z V_H} = \frac{2\pi R_H}{\lambda Z} \quad (18)$$

Радиус поворота ножей R_H больше радиуса шнека на величину зазора Δ между внутренней поверхностью кожуха и наружной кромкой шнека ($\Delta \approx 10 \text{ мм}$). Поэтому для ленточного шнека $R_H = D/2 + \Delta = 285 \text{ мм}$.

Зависимость $S_H = f(Z)$ по формуле (18) показывает, что возрастание количества ножей на шнеке приводит к уменьшению подачи на каждой нож, а с другой стороны - к ухудшению транспортирующей способности шнека. Ориентируясь на рекомендации для фрез подачи (30...150 мм), определяем минимальное число ножей $Z = 2$, которому соответствует подача $S_H = 35 \text{ мм}$.

Кинематический анализ траекторий соседних ножей показал, что при выбранных параметрах ротационных ножей и режимах работы комбинированных шнеков поверхность дна выемки после прохода рабочих органов получается практически ровной (высота гребней не превышает 2 мм).

Степень рыхления почвы зависит также от ширины ножа B_H , в полномочное рыхление обеспечивается при $B_H \geq \delta_{\text{MAX}}$ (δ_{MAX} - максимальная толщина срезаемой почвенной стружки). При обратном вращении разработанного шнека толщина стружки непрерывно увеличивается от нуля до δ_{MAX} , что и создает плавную нагрузку на валу шнека. Установлено, что

$$B_n = \frac{S_n}{R_n} \sqrt{h(2R_n - h)} \quad (19)$$

Численные значения зависимости $B_n = f(h)$ показывают, что при $B_n = 35$ мм обеспечивается качественное рыхление почвы при глубине выемки до 30 см.

Разрыхленная комбинированными шнеками почва подгребается к ковшовому элеватору, который ковшами поднимает почву и сбрасывает на ленточный транспортер. Последний состоит из приводного I1 и натяжного I2 барабанов, опорных роликов, несущего полотна и съемного бункера I3 (рис.4). Плохая маневренность машины МВС-4М в теплицах обусловлена в основном длиной транспортера, составляющей почти 4м при длине самой машины 6м.

Для обоснования длины транспортера и угла его наклона к горизонту, обеспечивающих наименьшие габариты машины, определена зависимость длины L транспортера от угла наклона γ .

$$L = \frac{H_{\max} - H_n - 0,5 d_n}{\sin \gamma}, \quad (20)$$

где H_{\max} - допустимая высота верхней точки натяжного барабана, обусловленная свободной высотой теплицы; H_n - высота расположения приводного барабана от опорной поверхности; d_n - диаметр натяжного барабана.

Исследованиями установлено, что для выгрузки почвы в середину платформы самоходного шасси Т-16М и при $H_{\max} = 200$ см (для блочных теплиц), $H_n = 82$ см, $d_n = 15$ см, диаметре приводного барабана $d_n = 30$ см, длине платформы $L_k = 200$ см и высоте расположения верхней кромки борта платформы $H_k = 140$ см, рациональное значение длины транспортера составляет $L = 2,5$ м при максимальном угле $\gamma = 26,5^\circ$.

В третьей главе диссертации приведены программа и методика экспериментальных исследований машины МВП-30 с разработанными рабочими органами, конструктивные схемы экспериментальных комбинированных шнеков заборного устройства машины.

Программой экспериментальных исследований, проведенных с целью определения энергетических и качественных показателей, обоснования параметров и режимов работы машины, проверки правильности выбора технологической схемы работы и допущений, сделанных на основании теоретических исследований, предусматривалось:

1. Выбор участков в блочных и ангарных теплицах по аг-

ротехническим требованиям.

2. Определение заглубляющей способности заборного устройства машины с различными по конструкции шнеками.

3. Установление потребляемой мощности рабочих органов, ходовой части и машины в целом.

4. Обоснование поступательной скорости и производительности машины с экспериментальными шнеками.

5. Определение качественных и технико-эксплуатационных показателей работы подгребающих шнеков и отгружающего транспортера.

6. Уточнение технологической схемы работы машины и транспортного средства в теплицах.

7. Проведение испытаний модернизированной машины в тепличных комбинатах и определение экономической эффективности.

Экспериментальный образец машины, разработанный на базе машины МВС-4М, состоит из рамы 1, ходовой гусеничной части 2, заборного устройства 3 с механизмами привода 4 и полъема 5, отгружающего транспортера 6 с механизмом подъема 7, электрооборудования 8 с переносным пультом управления 9. Заборное устройство состоит из ковшового элеватора 13 и двух соосных подгребающих шнеков 10 (рис.4).

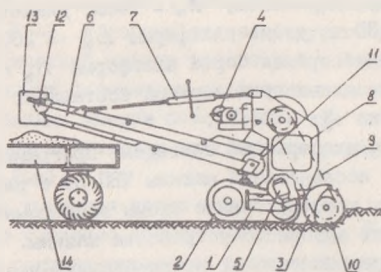


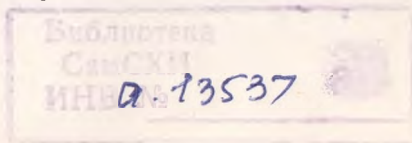
Рис.4. Экспериментальная машина для выемки почвы теплиц МВП-30.

Технологический процесс работы машины заключается в следующем. Предварительно машина подключается к питающей электросети (380 В, 50 Гц) гибким кабелем. Управляемая оператором, машина с поднятым заборным устройством подводится к началу гона. Затем оно опускается в крайнее нижнее положение, включаются электроприводы рабочих органов и ходовых гусениц и машина начинает заглубляться в почву, благодаря наличию дополнительных лемехов на щите (кожухе) шнеков. После постижения необходимой глубины выемки машина постепенно выравнивается путем уменьшения глубины хода заборного устройства. При дальнейшем поступательном движении машины в горизонтальном направлении стабильность ее хода по глубине выемки корректируется по показаниям маятникового отвеса (угломера). Подгребающие шнеки 10 с ножами разрыхляют почву и перемещают с обеих сторон к элеватору 9, который передает почву ленточному транспортеру 6, отгружающему почву в транспортное средство 14.

Для проведения экспериментальных исследований были разработаны и изготовлены ленточные шнеки с активными ротационными Г-образными ножами по а.с.1548356 (рис.5,а), с поворотными плоскими ножами по а.с.1647088 (рис.5,б) и с жесткими плоскими ножами (рис.5,в). Для сравнительной оценки исследовались также серийные шнеки (без ножей) машины МВС-4М. К нижней кромке щитов всех экспериментальных шнеков были прикреплены дополнительные лемеха. Шнеки состоят из ленты 1 и вала 2, зафиксированного на приводном валу 3 элеватора с помощью клина 4. Вал установлен в подшипнике 5 и получает вращение от цепи элеватора (показана одна из звездочек 6 цепи).

Шнек с ротационными ножами (а) включает валики 8, установленные в подшипниках 7 на витках шнека; Г-образные ножи 10, закрепленные на валиках с помощью фиксаторов 9; шестерни-сателлиты 11, прикрепленные к концам валиков и находящиеся в зацеплении с неподвижным зубчатым колесом 12. Колесо закреплено на стакане 13, соединенном со щитом шнека посредством кронштейна 14. Зубчатая передача защищена кожухом 15. Во время работы валики с ножами вращаются одновременно со шнеком и вокруг своей оси, благодаря чему почва интенсивно рыхлится. Шнек снабжен щитом с лемехом.

Шнек с поворотными ножами (б) состоит из самого шнека 1, в отверстиях 7 витков которого установлены плоские ножи, состоящие из короткого заостренного лезвия 9 и более длинного



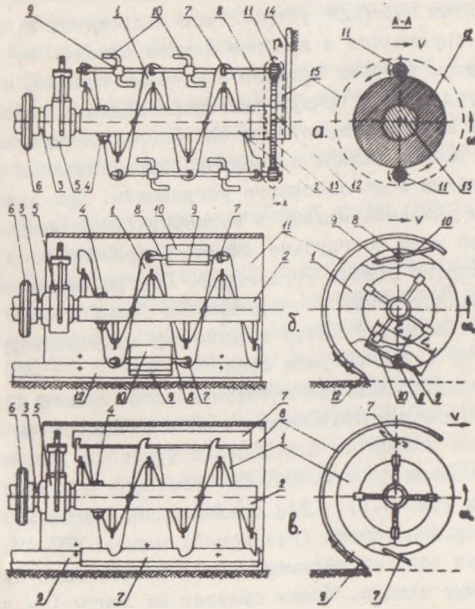


Рис.5. Экспериментальные шнековые рабочие органы с ножами-ротационными (а), поворотными (б) и жесткими (в).

хвостовика 10 ($l_x = 2 l_n$). Во время работы ножи самоустанавливаются в почве лезвием, направленным по ходу вращения, так как силы сопротивления почвы больше действуют на длинный хвостовик. В результате, лезвие, направляемое хвостовиком, движется в почве по пути наименьшего сопротивления. Шнек имеет щит II с лемехом 12.

Шнек с жесткими ножами (в) отличается тем, что заострен-

ные ножи 7 неподвижно закреплены на витках шнека. Шнек также снабжен щитом 8 с лемехом 9.

Для определения заглубляющей способности машины с различными шнековыми рабочими органами проводится продольное профилирование дна выемки, затем определяются траектория движения и пути заглубления и выглубления. Продольный крен машины определяется угломером.

С целью исследования влияния рабочих органов на энергоемкость процесса определяется потребляемая мощность заборного устройства и ходовой части. Для этого к силовым цепям этих электроприводов подключаются самопишущие амперметры. Для предупреждения перегрузок приводов разработана система индивидуальной световой сигнализации для обеих гусеничных движителей, а для заборного устройства - звуковая, срабатывающая при переполнении ковшей элеватора.

Ориентируясь на световые и звуковые сигналы, выбирается средняя оптимальная скорость, при которой производятся замеры скорости и производительности машины. Опыты проводятся в два этапа: с отгрузкой на поверхность теплицы и в кузов самоходного шасси, при этом измеряется объем почвы и путь, пройденный машиной.

Основными показателями качества работы машины являются гребнистость поверхности дна выемки, определяемая продольным профилированием, и разрыхленность почвы, непосредственно зависящая от функционирования комбинированных шнеков. Исследования проводятся в два этапа: гребнистость, носящая волнообразный характер, определяется при визуальной оценке величины крена или при помощи угломера, более чувствительного к изменению крена машины в продольно-вертикальной плоскости.

Для уточнения угла наклона ленточного отгружающего транспортера определяется зависимость дальности отбрасывания почвы от этого угла. При этом измеряется также расстояние от натяжного барабана транспортера до отгруженной почвы. Измерения проводятся при различных значениях высоты опорной поверхности платформы.

Экспериментальные исследования проводились при различной глубине выемки и на двух фонах - на необработанной почве теплицы и на предварительно вспаханной почве. Опыты проводились как в ангарных, так и в блочных теплицах с шириной пролетов 3,2 и 6,4 м. Выбранные участки обеспечивали выполнение всех

работ, предусмотренных программой исследований.

Экспериментальные исследования и хозяйственные испытания проводились в тепличных комбинатах Разданского, Арамусского, Абовянского и Масисского районов, а также в Октемберянском совхоз-заводе "Герань" при выемке песочного грунта теплиц.

В четвертой главе диссертации приведены результаты экспериментальных исследований по уточнению и обоснованию параметров и режимов работы машины, определению энергетических и качественных показателей.

Для определения путей заглабления S_z и выглабления S_g машины с различными шнековыми рабочими органами проводилось продольное профилирование и построение траектории. Результаты измерений приведены в таблице I. Кроме величин S_z и S_g здесь приведены также значения S_r , во время которого машина выравнивается и горизонтально перемещается.

Таблица 1

фон	Типы подгребающих шнеков	Путь заглабления S_z (м)	Путь выглабления S_g (м)	Горизонтальный ход S_r (м)
необработанная почва	с ротационными ножами	2,9	1,8	2,4
	с поворотными ножами	2,6	1,6	2,1
	с жесткими ножами	2,7	2,0	1,8
	серийные (без ножей)	4,1	1,7	1,9
разрыхленная почва	с ротационными ножами	2,8	2,2	2,4
	с поворотными ножами	2,3	1,9	2,2
	с жесткими ножами	2,3	2,1	2,5
	серийные (без ножей)	3,9	2,0	2,3

Результатами исследований установлено, что наличие дополнительного лемеха на щите шнеков способствует уменьшению пути заглабления на 28...41%. Наименьшие значения S_z и S_g обеспечивались при работе шнеков с поворотными ножами.

Как показали исследования, энергоемкость процесса выемки зависит в основном, от типа рабочего органа, фона и глубины обработки почвы. С целью определения потребляемой мощности экспериментальных шнеков заборного устройства и ходовой части проведены исследования в два этапа. Вначале машина двигалась со средней рабочей скоростью, при которой ковши элеватора не переполнялись. В противном случае автоматически включался ре- вун, срабатывающий от кнопочного датчика шарнирного щитка эле-

ватора. При этом, фиксировались значения тока в цепи электропривода заборного устройства и рассчитывалась потребляемая мощность, соответствующая максимальной производительности машины. В результате установлено, что наименьшая мощность $P_1 = 4,9$ кВт (на необработанной почве) обеспечивалась при работе шнеков с поворотными ножами. Для сравнения, у серийных шнеков $P_1 = 6,7$ кВт. Установлено также, что предварительное рыхление почвы способствует уменьшению P_1 на 16,4...22,6%.

На втором этапе исследовалась зависимость мощности P_2 , расходуемой одной гусеницей, от глубины выемки h (рис.6). Рабочая скорость выбиралась с учетом предотвращения перегрузки привода ходовой части, о чем сигнализировали световые лампы.

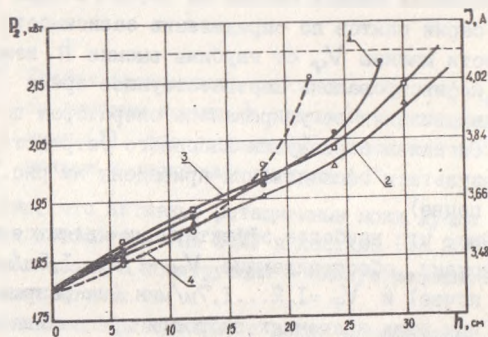


Рис.6. График зависимости потребляемой мощности P_2 и силы тока I от глубины выемки h необработанной почвы шнеками с ротационными (1), поворотными (2), жесткими (3) ножами и серийными шнеками (4).

Установлено, что наименьшее сопротивление движению машины оказывали шнеки с поворотными и жесткими ножами. При этом, потребляемая мощность ходовой части машины $2P_2$ при $h = 30$ см составляла 4,2...4,3 кВт. Проведенные исследова-

ния показали, что с учетом мощности электропривода механизма подъема заборного устройства - 2,2 кВт и мотор-редуктора ленточного транспортера - 3 кВт, суммарная потребляемая мощность экспериментальной машины МВП-30 составляет 14,3 кВт, в то время, как у базовой машины МВС-4' она равна 17,1 кВт.

Производительность процесса выемки почвы непосредственно зависит от поступательной скорости машины, которая обусловлена нагрузкой, действующей на рабочие органы и ходовую часть. Для определения этих показателей вначале почва отгружалась в кузов шасси Т-16М и измерялось время заполнения t_n , а также пройденный за это время машиной путь $S_{ш}$. Результатами опытов установлено, что при установке шнеков с поворотными ножами и при $h = 25...30$ см величина $t_n = 68...78$ с, а $S_{ш} = 1,4...1,6$ м (при работе на необработанной почве). При этом, обеспечивается максимальная производительность машины $W = 34,6...39,7$ м³/ч. Величина W у серийных шнеков меньше на $21,5$ м³/ч (при $h = 20$ см).

Во время серии опытов по определению зависимости поступательной скорости машины V_{cp} от глубины выемки h измерялась длина гона S_n и фиксировалось соответствующее время t . Рабочая скорость движения регулировалась оператором по звуковым и световым сигналам перегрузки заборного устройства и ходовой части. Результаты исследований приведены на рис.7 (на необработанной почве).

Установлено, что наиболее эффективными являются шнеки с поворотными ножами, обеспечивающие $V_{cp} = 1,0...1,5$ м/мин (на необработанной почве) и $V_{cp} = 1,2...1,7$ м/мин (на разрыхленной почве). Именно при этих значениях скорости обеспечивается максимальная производительность, равная $35...40$ м³/ч.

Для определения наибольшей скорости V_{cp}^{max} машины, при которой оператор не ориентировался на сигналы перегрузки электроприводов, проведены опыты, результаты которых также приведены на рис.7 (кривая 5). В этом случае $V_{cp}^{max} = 1,9...2,3$ м/мин (при $h = 25...30$ см), а соответствующая производительность составила 64 м³/ч.

При определении качественных показателей работы машины определялись степень неровности гона выемки почвы (гребнистость), стабильность хода машины по глубине обработки и степень разрыхленности почвы в зависимости от типа рабочих органов, фона и глубины выемки. При этом, корректировка глубины хода осуществлялась оператором "на глаз" по крену машины или же по показаниям угломера, фиксирующего этот крен. Установлено, что в последнем случае гребнистость уменьшается на $45...$

70% и поверхность дна получается практически ровной.

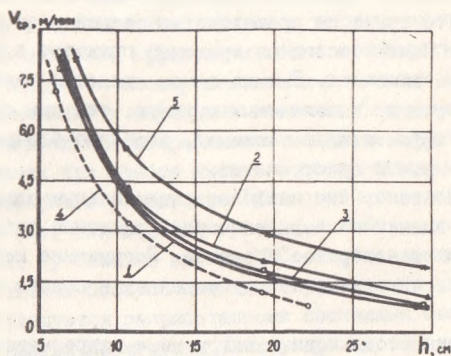


Рис.7. График зависимости рабочей скорости V_{cp} от глубины выемки h шнеками с ротационными (1), поворотными (2), жесткими (3) ножами и серийными шнеками (4).

Выявлено, что активные ротационные ножи лучше разрыхляют почву, чем поворотные (на 26%) и жесткие (на 20%) ножи. Однако они имеют сложную конструкцию и низкую надежность при работе на плотных почвах.

Исследования, проведенные с целью определения установочного угла наклона ленточного транспортера, показали, что для схода почвы в середину платформы самоходного шасси минимальный угол γ составляет 19° при длине транспортера 2,5м, а максимально допустимый угол наклона равен $26,5^\circ$.

Для обеспечения удобной и высокопроизводительной работы машины и транспортного средства разработана технологическая схема их движения в ангарных и блочных (шириной пролетов 3,2 и 6,4м) теплицах. Установлено, что наибольшая сменная производительность обеспечивается в ангарных теплицах, так как они более просторны. Этот показатель несколько меньше в блочных теплицах - на 12...23%. Испытания показали, что машиной МВП-30 возможно механизированное удаление почвы с 80% (в блочных) и 90...95% (в ангарных) полезной площади теплиц.

Установлено, что годового экономического эффекта разра-
танной машины для выемки почвы теплиц МВП-30 составляет 6730руб.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Урожайность тепличных культур зависит от плодородия
почвы, а затраты труда на производство овощей - от уровня меха-
низации работ. Почва теплиц со временем приходит в негодность
и ее необходимо заменять. Выемка почвы является одной из самых
трудоемких операций, выполняемых вручную, так как существующие
погрузчики не эффективны в теплицах, особенно блочного типа,
ввиду ограниченности пространства.

2. Установлено, что наиболее рациональным является по-
точный способ выемки почвы, включающий рыхление, подъем и от-
грузку почвы в транспортное средство. Погрузчики непрерывного
действия производительны, легкоуправляемы и просты по конструк-
ции.

3. Известные самоходные погрузчики непрерывного действия
(МВС-4М), обладая высокой производительностью и электроприво-
дом рабочих органов и ходовых гусениц, в то же время не приспо-
соблены для работы в теплицах из-за значительной габаритной
длины (6м) и необходимости проведения предшествующих почвооб-
работок (вспашка, фрезерование), что существенно снижает эффек-
тивность их применения в теплицах.

4. Обоснован технологический процесс комбинированной
выемки тепличной почвы, заключающийся в одновременном рыхле-
нии и транспортировании почвы. Разработаны подгребающие шне-
ки заборного устройства машины, осуществляющие совмещение опе-
раций. Новизна конструкции шнеков с активными ротационными
и плоскими поворотными ножами защищена а.с. I548356 и I647088.

5. Исследован технологический процесс работы горизон-
тальных сплошных и ленточных шнеков и обоснованы их основные
параметры: ширина захвата 57см, угол подъема винта $7,5^\circ$, шаг
винта шнеков 19,4 и 22,7см, диаметры шнеков 47 и 55см. Опреде-
лена ширина захвата ковшового элеватора 45см и машины в целом
I60см.

6. Наибольшая производительность машины $35...40\text{м}^3/\text{ч}$
обеспечивается при средней поступательной скорости I...I,5
м/мин, глубине выемки 25...30см и частоте вращения комбини-
рованных шнеков 85...95 об/мин. Установлено, что ленточные
шнеки, по сравнению со сплошными, более эффективны.

7. Исследована кинематика обратновращающихся вместе

со шнеком ножей и установлено, что минимальные энергозатраты и ровность дна выемки обеспечиваются при величине подачи на нож 35мм и при установке двух ножей шириной 35мм на каждом шнеке, вращающихся с угловой $8,9с^{-1}$ и окружной 152 м/мин скоростью.

8. По основным качественным и технико-эксплуатационным показателям наиболее эффективны шнеки с поворотными ножами, по сравнению с другими экспериментальными шнеками (с ротационными и жесткими ножами) и серийными шнеками (без ножей).

9. Минимальная потребляемая мощность электроприводов обеспечивается при работе шнеков с поворотными ножами и составляет для заборного устройства (ковшовый элеватор и два соосных шнека) 4,9 кВт, для ходовых гусениц 4,2кВт и для машины в целом 14,3 кВт (у базовой машины МВС-4М общая мощность 17,1 кВт).

10. Рабочая поступательная скорость и производительность машины регулируется разработанными системами световой и звуковой сигнализации перегрузки электроприводов ходовой части и заборного устройства, а стабильность хода машины - маятниковым угломером.

11. Установка на шнеках дополнительных лемехов шириной 50мм и углом установки 22° улучшает заглубляющую способность и стабильность хода машины. При этом, путь заглубления составляет 2,6м, а выглубления - 1,6м.

12. Установлено, что при длине ленточного отгружающего транспортера 2,5м и угле наклона $26,5^{\circ}$ обеспечивается выемка почвы в теплицах высотой 2м и заполнение кузова шасси Т-16М за 68...78 с, при этом машина проходит путь 1,4...1,6м. Параметрами транспортера обусловлена габаритная длина экспериментальной машины МВП-30, равная 4,5м, и его высокая маневренность.

13. Машина МВП-30 включена в Систему машин для комплексной механизации с/х производства на 1985-95гг. (шифр Р 66.132). Госкомпродкомиссией СССР утверждены заявка и исходные требования (рег.№27), а также техническое задание (рег.№2516).

Машина прошла широкие хозяйственные испытания в тепличных комбинатах в условиях ангарных и блочных теплиц.

Результаты исследований использованы в НИО "Агросельхозмеханизация", ГрузНИИМЭСХ и НИСТИУ НИО "Днестр" при разработке конструкции шнековых рабочих органов погрузочных машин для теплиц, в частности, по темам 74.422-88, 74.498-90 и 74.546-91

14. Годовая экономическая эффективность от использования одной машины для выемки тепличной почвы МВП-30 составляет 6730 руб.

Основные положения диссертации
опубликованы в следующих работах:

1. А.С. I548356 (СССР). Шнековый рабочий орган. - БИ, 1990, № 9 (в соавторстве).
2. Машина для выемки почвы теплиц. - Информационный листок АрмНИИТИ, 1990. - №6841.- Зс.(в соавторстве).
3. Обоснование основных параметров рабочих органов машины для удаления неплодородной почвы теплиц. - "Агропром: наука и производство", Ереван, 1990. - № I2(390).- С.52...56 (в соавторстве).
4. А.С. I647088 (СССР). Шнековый рабочий орган. - БИ, 1991, № I7 (в соавторстве).
5. О кинематике ротационных ножей, установленных на шнековых рабочих органах. - "Агропром: наука и производство", Ереван, 1991. - № 5 (395). - С.71...76 (в соавторстве).

Заказ 199

Тираж 100

Заказ принят 18.11.91 подписано к печати 20.11.91

Формат 60x84/16 объем печ. листов

Уч. изд. лист Бесплатно.

375025 Ереван 25 ул. Абовяна 52

Отдел издательства и оперативной полиграфии ЕРНИХ-е