

На правах рукописи

ГРУШАНСКИЙ Олег Андреевич

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И **ОБОСНОВАНИЕ**
ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ОРГАНА **МАШИНЫ**
ДЛЯ ПЕРЕСАДКИ КРУПНОМЕРНЫХ **ДЕРЕВЬЕВ**
С КОМОМ ЗЕМЛИ

Специальность 05.20.01 -

"Механизация сельскохозяйственного производства"

АВТОРЕФЕРАТ
диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Киев — 1994



Диссертационная работа выполнена в Украинском государственном аграрном университете /г.Киев/, представлена в виде рукописи.

- Научный руководитель - доктор сельскохозяйственных наук, профессор И.М.Зима
- Консультант - доктор технических наук, профессор М.Е.Демидко
- Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор, академик УААН Н.Н.Нагорный
кандидат технических наук, старший научный сотрудник И.С.Привалов
- Ведущая организация - Институт садоводства УААН

Защита диссертации состоится 27 мая 1994 г. в 14 час 30 мин на заседании Специализированного совета Д.01.05.04 в Украинском государственном аграрном университете по адресу: 252041, Киев-41, ул. Героев обороны, 13, учебный корпус № 7, аудитория № 27.

Просим принять участие в работе Специализированного совета или направить в наш адрес заверенный печатью отзыв на автореферат в двух экземплярах.

Отзыв просим адресовать: 252041, г.Киев-41, ул. Героев обороны, 15, сектор защиты диссертаций.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке УГАУ.

Автореферат разослан " " апреля 1994 г.

Ученый секретарь

Специализированного совета Д.01.05.04,

кандидат технических наук, доцент

В.Д.Гречкосей

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследований. В системе мероприятий, направленных на решение задач социального развития общества, значительное место занимает охрана окружающей среды и, в частности, озеленение городов и населенных мест.

Озеленение - самый дешевый и наиболее эффективный метод оздоровления воздушного бассейна: один гектар зеленых насаждений усваивает в течение года около двух тонн углерода, обогащая при этом кислородом свыше десяти миллиардов кубометров воздуха.

В последние годы накоплен опыт защиты населенных мест от источников повышенного радиационного фона путем использования защитных насаждений определенной конструкции. Немаловажна и психогигиеническая роль зеленых насаждений.

При озеленении населенных мест широко практикуется пересадка крупномерных деревьев. Особое место занимает она в озеленении рекультивируемых площадей и поселков, построенных для переселенцев из зон радиоактивного заражения. Использование при этом крупномерного посадочного материала способствует достижению гармонической связи населенных мест с природным окружением и формированию культурного ландшафта.

В отдельных случаях пересадка крупномерных деревьев может практиковаться в садоводческих хозяйствах в процессе их реконструкции, упорядочения землепользования, при ремонте изреженных садов и проч. Опыт проведения таких работ имеется.

Очевидно, что выполнение масштабных работ по озеленению возможно лишь на базе механизации всех трудоемких процессов.

В этой связи создание средств механизации для пересадки крупномерного посадочного материала является актуальной задачей, реализация которой осуществлялась в Украинской сельскохозяйственной академии в 1975-1985 гг. в рамках исследований по проблеме 0.053.01 Госкомитета СССР по науке и технике /номер госрегистрации - № 79042275/.

Цель исследований. Целью исследований является снижение трудовых и денежных затрат, улучшение качества работ и удлинение периода пересадки крупномерных деревьев с комом земли путем разработки более совершенной технологии выкопки и пересадки крупномерных деревьев и создания новой выкопочно-пересадочной машины.

Объекты исследований. Объектами исследований служили корневые системы пересаживаемых деревьев, масштабные модели рабочих органов выкопчного устройства, рабочие органы машины для пересадки крупномерных деревьев, гидравлический кран-манипулятор в составе выкопчной машины.

Методика исследований. В основу теоретических исследований процессов взаимодействия рабочего органа выкопчной машины с разрушаемой средой положены физико-механические свойства грунта, основные положения земледельческой механики и теории резания материалов лезвием.

Исследования корневых систем пересаживаемых деревьев осуществлялись траншейным методом с сухой раскопкой и методом полной раскопки корневых систем, ограниченных габаритами траншей.

Экспериментальные исследования выполнялись в лабораторно-полевых и полевых условиях с использованием методов физического моделирования и планирования экспериментов с последующей оптимизацией исследуемых процессов. При этом использовали макетный образец выкопчной машины, сменные рабочие органы и их модели, а также серийную измерительно-регистрающую аппаратуру. Измерения осуществлялись тензометрическими и гидроэлектрическими методами.

Полученные экспериментальные данные обрабатывались методами математического анализа и математической статистики с применением ЭВМ и микро-ЭВМ.

При постановке теоретических и экспериментальных исследований использовались принципы системного подхода.

Научная новизна исследований. Научную новизну исследований составляют:

- анализ сил, действующих на лезвия скобы при резании комплексной среды "почва-корень";
- обоснование новой формы активной зоны выкопчной скобы в виде совокупности прямолинейных лезвий, наклоненных под определенным углом к вертикали, и плоских раскалывающих зубьев;
- математические модели и графические зависимости усилия резания почв с корнями и без корней от геометрических параметров выкопчной скобы;
- методика расчета параметров активной зоны выкопчных скоб различных типоразмеров;

- методика анализа нагрузок, действующих на оси и шарнирные сочленения тракторов с шарнирно-сочлененными рамами при их агрегатировании с гидравлическими кранами-манипуляторами.

Новизна технических решений, реализованных в устройствах, созданных при выполнении диссертационной работы, подтверждается четырьмя авторскими свидетельствами на изобретения.

Практическая ценность работы и реализация результатов исследований. Созданная по результатам исследований машина для пересадки крупномерных деревьев с комом земли МПКД "Крот" в 1975 году прошла ведомственные и межведомственные испытания и была рекомендована в производство.

В 1978 г. на Луцком ЗПО МЖХ УССР, а в 1979 г. на Целиноградском заводе по ремонту дорожной техники Казахской ССР было организовано производство машин "Крот-4М". В 1985 г. на Кировском РМЗ объединения "Кировлесмаш" была изготовлена и испытана модель "Крот-6М" с гидрокраном.

Помимо этого, в 1975-1992 гг. на 20 заводах-изготовителях различных ведомств Украины, России, Башкортостана, Татарстана, Азербайджана и Бурятии с помощью организации-разработчика изготавливались различные модели машин этого типа для нужд хозяйств указанных регионов.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и были одобрены на конференциях, совещаниях и семинарах в городах Москва /1976, 1977, 1978, 1980, 1984 гг./, Донецк /1978 г./, Ташкент /1978 г./, Баку /1980 г./, Ереван /1981 г./, Киев /1984 г./, Новосибирск /1986 г./;

- на научно-теоретических конференциях профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов Украинской сельскохозяйственной академии, Воронежского лесотехнического института и Украинского государственного аграрного университета /1975, 1977, 1986, 1988, 1989, 1994 гг./.

Публикация результатов исследований. Результаты выполненных исследований опубликованы в 19 печатных работах, четырех авторских свидетельствах на изобретения и научном отчете ГИИТ по проблеме 0.053.01 /номер госрегистрации темы - № 79042275, инвентарный номер отчета - № 0287.00254413/. Помимо этого, созданная в результате исследований машина для пересадки крупномерных

деревьев "Крот" демонстрировалась на выставках в гг. Москве и Киеве, а также на Международных выставках и ярмарках в Алжире /г. Эль-Джазаир/, Турции /г. Измир/ и Монголии /г. Улан-Батор/.

Исследованиями решены и выносятся на защиту следующие вопросы:

- характеристика корневых систем пересаживаемых деревьев;
- обоснование оптимальной формы и параметров выкопчной скобы для резания почв с корнями и без них;
- обоснование технологической схемы новой выкопчной машины, места установки и условий работы гидрокрана;
- результаты испытаний выкопчной машины в производственных условиях.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, шести разделов, выводов и предложений, списка использованной литературы и приложений.

Работа содержит 310 страниц, в том числе 147 страниц машинописного текста, 46 рисунков, 16 диаграмм и графиков, 63 таблицы и 9 приложений на 86 страницах. Список использованной литературы, изложенный на II страницах, включает 138 наименований, в том числе восемь наименований на английском языке.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первом разделе "Состояние вопроса и задачи исследований" обосновывается эффективность проведения озеленительных работ крупномерным посадочным материалом в облившем состоянии, что возможно при пересадке деревьев с комом земли соответствующими машинами. Анализом установлено, что предложенные ранее устройства и механизмы из-за плохой маневренности, значительной материалоемкости, конструктивных недоработок и несовершенства рабочих органов широкого применения не нашли.

Обзор отечественного и зарубежного опыта в этом вопросе позволил установить, что наиболее перспективными являются пассивные рабочие органы выкопчных устройств в виде ковшей и скоб, заглубляемых в почву под действием статического усилия.

Применительно к решению конкретной задачи в качестве объекта дальнейших исследований был принят агрегат для выкопки крупномерных саженцев "АВНС", разработанный по предложению группы

изобретателей Запорожского РСУ зеленого строительства.

Поскольку при пересадке деревьев с комом рабочий орган выкопного устройства взаимодействует со средой "почва-корень", то эффективность работы такого устройства обусловлена характером протекания физико-механических процессов резания таких сред.

С целью уточнения характера протекания исследуемых процессов были рассмотрены работы по резанию грунтов В.П.Горячкина, М.Х.Пигулевского, Н.А.Качинского, Н.В.Щучкина, В.А.Желиговского, П.М.Василенко, Г.Н.Синеокова и др. Наиболее близкими по конструкции рабочих органов и характеру их взаимодействия с обрабатываемой средой /грунтом/ оказались труды А.Н.Зеленина, Ю.А.Ветрова, А.Д.Далина, Н.Г.Домбровского, И.Я.Айзенштока и других ученых.

Общие теоретические положения по резанию органических материалов лезвиями и развитие этой теории применительно к различным рабочим органам были рассмотрены по работам В.П.Горячкина, В.А.Желиговского, И.Ф.Василенко, А.П.Карпенко, Л.П.Крамаренко, Т.И.Егоровой, М.Н.Летошнев, Н.Е.Резника, Е.С.Босого, Н.В.Туделя, В.М.Верхуши и других исследователей.

Особенности процессов резания лесных почв и почв, насыщенных корнями, были изучены по работам Е.В.Витвицкого, Л.П.Гасиньша, Г.Б.Климова и других.

По результатам проведенного анализа были выделены характерные признаки и закономерности процессов резания различных материалов, позволившие уточнить задачи и сузить диапазон собственных исследований.

Во втором разделе "Теоретические исследования технологии и параметров машины для пересадки крупномерных саженцев с комом земли" приведены результаты исследований функциональных качеств рабочего органа прототипа, теоретически обоснованы направления оптимального профилирования активной зоны скобы, выполнен анализ функционирования грузоподъемного устройства и с учетом значений перераспределенных нагрузок, действующих на узлы трактора, обоснованы меры по обеспечению его устойчивости с гидрокраном.

- Исследованиями работоспособности выкопной скобы прототипа выявлены высокая энергоемкость выполняемого им процесса и низкое качество среза корней. Процесс вырезания кома сопровождается образованием раковин с радиальными трещинами, выпучиванием и крошением грунта у лезвий. Из-за нерациональной формы деформатора

ком заземляется в контейнере и переуплотняется, ухудшая условия аэрации почвы, окружающей корневую систему пересаживаемого дерева.

Оценки закономерностей варьирования выходного параметра с помощью полигонов и отлив распределения, а также коэффициентов асимметрии и эксцесса показали, что большинство полученных в результате исследований вариационных рядов асимметрично и эксцессивно. Объясняется это сложностью исследуемых процессов, влиянием многих внешних факторов и шумов, которые нарушают естественную симметрию нормального распределения.

- С целью создания более эффективного рабочего органа, снижения энергетических затрат на вырезание кома и улучшения качественных показателей технологического процесса осуществлен теоретический анализ геометрических параметров рабочего органа прототипа. При рассмотрении составляющих сил сопротивления резанию комплексной среды "почва-корень" особое внимание было уделено силам, действующим на исследуемую среду при уплотнении стенок прорезаемой щели и раздвигающим в стороны перерезаемых корней, т.е. сил уплотнения. Эти силы действуют на фоне упругих и пластических деформаций и циклически повторяющихся фаз сжатия и разрушения комплексной среды.

Основой процесса уплотнения среды являются пластические деформации сжатия. Упругие деформации возникают до появления пластических и локализируются за их зонами. После прохождения рабочего органа в почве наблюдается уменьшение ширины прорезаемой щели на величину от 5 до 10% от ширины выкопчной скобы, что объясняется упругим восстановлением деформированной среды.

Корни после перерезания лезвиями раздвигаются фасками в стороны, испытывая деформации сжатия, изгиба и кручения. Деформации эти сопровождаются нарушением контакта корней с окружающей их почвой, обрывами тонких сосущих корней, обдиранием камбиального слоя, расщеплениями и размочаливанием.

Возможность появления перед деформатором ядра уплотненного грунта в этом случае во внимание не принимается, так как в момент перерезания корней лезвиями и дальнейшего скольжения их по фаскам выкопчной скобы оно непременно разрушится.

- Для уточнения факторов, оказывающих влияние на сопротивление уплотнению, был осуществлен анализ сил, действующих на фаски деформатора, по результатам которого установлено, что силы уп -

лотнения стенок щели и раздвигания корней в стороны можно снизить уменьшением нормального давления среды на фаски деформатора, изменением способа заточки скобы /асимметричная внешняя заточка/, уменьшением угла заострения ее и снижением трения скольжения разрезаемой среды о материал скобы и контейнера.

Аналитически установлено также, что силы трения, возникающие на внутренних стенках рабочего органа, и силы сжатия вырезаемого кома также зависят от сил нормального давления фасок деформатора, его формы, углов заострения угла трения и объема вырезаемого кома. Влияют на указанные параметры также форма поперечного сечения кома и соотношение его линейных параметров.

В связи с конструктивными особенностями рабочего органа на наружных его поверхностях силы трения действуют только на фасках и боковых поверхностях выкопчной скобы. А так как ширина прорезаемой скобой щели значительно превышает величину упругого восстановления деформируемой среды, то трение среды по наружным стенкам контейнера практически отсутствует.

Силы сопротивления заполнению контейнера и силы трения днища контейнера о грунт рассмотрены совместно как взаимосвязанные. Анализ выражений для определения этих сил показал, что с целью уменьшения силы сопротивления заполнению контейнера необходима /в отличие от прототипа/ горизонтальная ориентация его днища.

Результаты выполненного анализа свидетельствуют о необходимости оптимизации параметров активной зоны скобы, к которым относим ее вертикальные стенки, граничащие в нижней части с закругленным основанием. На этапе проектирования активной зоны новой, экспериментальной выкопчной скобы к ней предъявлялись следующие требования, сформулированные по результатам анализа работоспособности скобы-прототипа и системы действующих на нее сил: при минимально возможной ширине скобы длина ее лезвий должна быть максимально возможной, лезвия скобы должны реализовывать наклонное или скользящее резание, при этом желателен наклон лезвий в сторону грунта. Активной зоне выкопчной скобы желательно сообщить достоинства черенковых ножей с синусоидальной режущей кромкой. Геометрические параметры активной зоны должны обеспечивать оптимальные режимы резания всех компонентов комплексной среды "почва-корень". Качество срезов должно отвечать агротехническим требованиям.

Требование реализации наклонного резания осуществить нетрудно, однако, ширина активной зоны B_1 /рис. I, а/, имеющей прямолинейное лезвие и установленной под углом α в плоскости резания, будет значительной, что обусловит существенное увеличение габаритов установочных ям, объемов земляных работ и их себестоимости.

Задачу реализации поставленной задачи при одновременном уменьшении ширины выкопочной скобы решает рабочий орган со ступенчатой /пилообразной/ конфигурацией рабочей зоны /рис. I, б/. Лезвия такой скобы представляют ломаную линию, каждый элемент которой расположен под оптимальным углом к вертикали в плоскости резания.

Лезвия имеют зубья, расположенные на линии, отклоненной от вертикали на угол α . Они предназначены для скалывания грунта, в то время как наклонно расположенные лезвия должны осуществлять перерезание корней и длительное время сохранять режущие свойства.

С учетом принятых обозначений /рис. I/ ширина активной зоны такой скобы определится из выражения:

$$B_2 = n(\delta_1 - \delta_2) + \delta_1, \quad (1)$$

где n - количество зубьев;

δ_1, δ_2 - проекции элементов лезвия на горизонталь.

Так как $\delta_1 - \delta_2 = \delta_3$, а $\delta_3 = h_0 \operatorname{tg} \alpha$, то

$$B_2 = n h_0 \operatorname{tg} \alpha + h_1 \operatorname{tg} \alpha. \quad (2)$$

Поскольку $h_1 = H - n h_0$, то $B_2 = n h_0 \operatorname{tg} \alpha + (H - n h_0) \operatorname{tg} \alpha$. (3)

Ширина активной зоны B_2 зависит от углов наклона лезвий и образующей зубьев. Очевидно также, что величина B_2 значительно меньше величины B_1 , а их отношение описывается выражением:

$$N_1 = \frac{B_1}{B_2} = \frac{H \operatorname{tg} \alpha}{n h_0 \operatorname{tg} \alpha + (H - n h_0) \operatorname{tg} \alpha}. \quad (4)$$

Следовательно, условие реализации наклонного резания при одновременном уменьшении ширины активной зоны выполняется. Одновременно с уменьшением ширины активной зоны должна решаться задача сохранения максимально возможной суммарной длины лезвий. Суммарная длина лезвий одной боковины скобы может быть определена по формуле:

$$L_2 = (n + 1) \cdot l_1 + n l_2, \quad (5)$$

где l_1, l_2 - длина составляющих элементов.

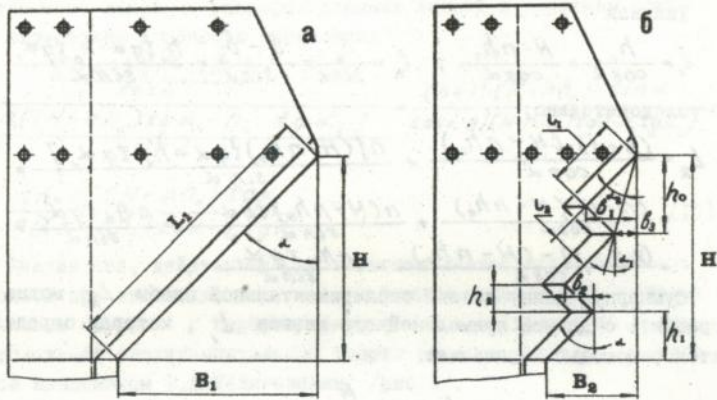


Рис.1. Возможные варианты исполнения боковых стенок выкопчной скoby

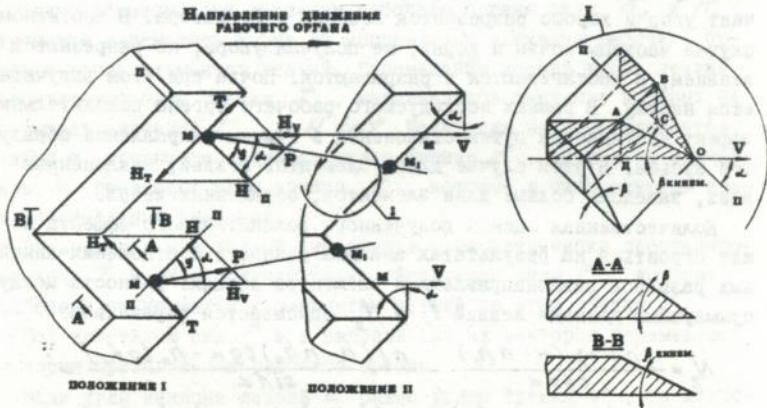


Рис.2. Силы, действующие на элементы лезвий экспериментальной скoby

Так как

$$l_1 = \frac{h_1}{\cos \alpha} = \frac{H - nh_0}{\cos \alpha}; \quad l_2 = \frac{b_2}{\sin \alpha} = \frac{b_1 - b_0}{\sin \alpha} = \frac{h_1 \operatorname{tg} \alpha - h_0 \operatorname{tg} \alpha}{\sin \alpha} \quad (6)$$

следовательно:

$$\begin{aligned} L_2 &= \frac{(n+1) \cdot (H - nh_0)}{\cos \alpha} + \frac{n[(H - nh_0) \operatorname{tg} \alpha - h_0 \operatorname{tg} \alpha]}{\sin \alpha} = \\ &= \frac{(n+1) \cdot (H - nh_0)}{\cos \alpha} + \frac{n(H - nh_0) \operatorname{tg} \alpha}{\sin \alpha} - \frac{nh_0 \operatorname{tg} \alpha}{\sin \alpha} = \\ &= \frac{(2n+1) \cdot (H - nh_0)}{\cos \alpha} - \frac{nh_0 \operatorname{tg} \alpha}{\sin \alpha} \end{aligned} \quad (7)$$

Суммарную длину лезвий экспериментальной скобы L_2 можно сравнить с длиной прямолинейного лезвия L_1 , которая определяется с помощью выражения:

$$L_1 = \frac{H}{\cos \alpha} \quad (8)$$

Расчеты показывают, что оба лезвия соизмеримы.

Направления деформации комплексной среды при резании ее модернизированным рабочим органом зависят от положения составляющих элементов лезвий. Установлено, что при наклоне элемента лезвия в сторону грунта большая часть компонентов комплексной среды получает упор и хорошо разрезается лезвием деформатора. В противном случае частицы почвы и корни, не получая упора, не разрезаются лезвием, а растягиваются и разрываются. Почва при этом выпучивается наружу. В рамках исследуемого рабочего органа положительный эффект достигается путем отклонения в нужном направлении образующей зубьев. В этом случае длины элементов лезвий, наклоненных вниз, заведомо больше длин элементов, обращенных вверх.

Количественная оценка полученного положительного эффекта может строиться на результатах анализа разности и отношения линейных размеров разнонаправленных элементов лезвий. Разность между суммарными длинами лезвий l_1 и l_2 описывается выражением:

$$\begin{aligned} N_2 &= \frac{(n+1) \cdot (H - nh_0)}{\cos \alpha} - \frac{n[(H - nh_0) \operatorname{tg} \alpha - h_0 \operatorname{tg} \alpha]}{\sin \alpha} = \\ &= \frac{(n+1) \cdot (H - nh_0)}{\cos \alpha} - \frac{n(H - nh_0)}{\cos \alpha} + \frac{nh_0 \operatorname{tg} \alpha}{\sin \alpha} = \\ &= \frac{H - nh_0}{\cos \alpha} + \frac{nh_0 \operatorname{tg} \alpha}{\sin \alpha} \end{aligned} \quad (9)$$

Отношение линейных размеров длинных лезвий к коротким может быть определено с помощью выражения:

$$n = \frac{\frac{(n+1) \cdot (H - nh_0)}{\cos \alpha}}{n[(H - nh_0) \operatorname{tg} \alpha - h_0 \cdot \operatorname{tg} \alpha_1]} = \frac{(n+1)(H - nh_0) \cdot \sin \alpha}{\cos \alpha \cdot n[(H - nh_0) \operatorname{tg} \alpha - h_0 \operatorname{tg} \alpha_1]} = \frac{(n+1) \cdot (H - nh_0) \operatorname{tg} \alpha}{n[(H - nh_0) \operatorname{tg} \alpha - h_0 \operatorname{tg} \alpha_1]} \quad (10)$$

- Анализ сил, действующих на элементы лезвий экспериментальной скобы при взаимодействии ее с любыми материальными точками м /в нашем случае - с корнями/ выполнен с использованием основных положений экспериментальной теории резания лезвием, разработанной академиком В.А.Желиговским /рис.2/.

При контакте лезвий выколочной скобы с корнями лезвия воздействуют на них с силами H , направленными по нормали п-п. Одновременно на лезвиях развиваются касательные силы трения T .

Каждую из сил H можно разложить на составляющие: совпадающую с направлением движения силу H_n и параллельную элементу лезвия касательную силу H_t ($H_t = H \cdot \operatorname{tg} \alpha$).

Таким образом, при движении рабочего органа силы H_n и H_t стремятся перемещать корни по направлению движения рабочего органа и вдоль элементов лезвий. Перемещением корней вдоль лезвий препятствуют силы трения T , максимальное значение которых не превышает значения $T_{\max} = H \cdot \operatorname{tg} \varphi$. Если углы наклона элементов лезвий α превышают значения углов трения φ , то в этом случае силы H_t превышают силы трения T , которые в свою очередь имеют максимальные значения.

Возвращаясь к исходной информации и геометрически просуммировав силы T и H , получим равнодействующие силы P , которые отклонены от нормалей к элементам лезвий на угол трения φ .

Под действием сил P и в направлении их векторов перемещаются корни при движении рабочего органа.

Если углы наклона лезвий α равны углам трения φ , то векторы сил P совпадают с векторами сил H_n и перерезаемые корни в этом случае перемещаются в направлении движения рабочего органа, т.е. горизонтально.

Такая же картина наблюдается при $\alpha < \varphi$, т.к. в этом случае сила трения не достигает своего предельного значения и равна:

$$T = N \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

Если же $\alpha > \varphi$, то векторы сил P отклоняются от векторов сил R и это отклонение пропорционально разности между углами α и φ .

Итак, при движении рабочего органа перерезаемые корни перемещаются в направлении векторов сил P . В процессе движения почва перед корнями уплотняется, создавая опорные поверхности.

Если уплотнение наступает быстро, а это наблюдается при наклоне элемента лезвия вниз, то вслед за надрезанием корней микрорубцами лезвий следует скатие и смятие их до давлений, равных временному сопротивлению разрезаемого материала. При этом длина пути от точки соприкосновения до точки, в которой происходит полное разделение корня, зависит от физико-механических свойств материала, углов наклона и углов заострения элементов лезвий.

Аналитически обосновано, что величина скольжения корней по лезвиям скобы /отрезок $m-m_1$ / прямопропорциональна длине хода рабочего органа L и разности между углом наклона лезвий и углом трения. В случае резания корней, связанных с почвой, что имеет место при вырезании кома, величина хода рабочего органа, соответствующая полному разрезанию корня на части, значительной быть не может. Воспользоваться эффектом скользящего резания за счет увеличения разности углов α и φ также не представляется возможным, т.к. для получения желаемого эффекта разница эта должна быть значительной, а это приведет к чрезмерному увеличению ширины выкопчной скобы и сил трения.

Поэтому применительно к данному рабочему органу можно ограничиться уточнением значений углов наклона элементов лезвий, при которых энергос затраты будут минимальными. Искомый эффект зависит также от кинематической трансформации углов заострения, суть которой проиллюстрирована на рис.2. Подчеркивается, что в результате кинематической трансформации внедрение лезвий в разрезаемый материал облегчается за счет уменьшения удельного давления лезвий, которое происходит при увеличении углов их наклона α .

- Опыт эксплуатации машин для пересадки деревьев показал, что в качестве энергосредства целесообразно использовать колесный трактор Т-150К, оборудованный гидравлическим краном. В этой связи обосновано место установки гидрокрана и составлены уравнения для определения значений перераспределенных нагрузок при различ-

ных положениях стрелы, выполнен анализ условий грузовой и собственной устойчивости агрегата в продольном и поперечном направлениях для режимов работы, исключающих возможность подъема груза при одновременном повороте стрелы.

В третьем разделе "Программа и методика экспериментальных исследований" описаны использованные методики изучения архитектоники корневых систем крупномерных деревьев, усилий резания и уплотняемости вырезаемого пласта земли в зависимости от формы выкопочной скобы и угла наклона днища контейнера, а также усилий резания почв с корнями и без корней скобами с различными угловыми параметрами.

Архитектоника корневых систем изучалась общепринятыми методами путем раскопки и учета корней на срезах с применением координатной сетки.

Опыты по изучению влияния на показатели процесса выкопки формы скобы и угла наклона днища контейнера проведены на пяти масштабных моделях рабочего органа /рис.3,а/ с помощью специальной экспериментальной установки. Модели были выполнены в 1/2 натуральной величины, заточка режущих кромок - асимметричная, внутренняя, угол заточки - 30° . Длина моделей - 500 мм, ширина - 400 мм, высота вырезаемого пласта - 350 мм, толщина стенок - 5 мм. Угол наклона днища изменялись в пределах от 0° до 5° через 1° . Установка была смонтирована на самоходном шасси Т-16М и обеспечивала измерения сопротивления внедрению рабочего органа с помощью тензодатчиков. Для определения уплотняющего действия различных вариантов выкопочных скоб на глубинах 60, 140 и 220 мм использовались специальные грунтовые датчики в составе устройств для измерения давления в грунтах.

Усилия резания почв с корнями и без корней выкопочными скобами с различными угловыми параметрами исследовались на макете выкопочной машины. Режущая скоба была выполнена разборной с девятью парами сменных боковых ножей, отличающихся углами наклона лезвий относительно вертикали / 25° .. 45° / и углами их заострения / 25° .. 35° /. Усилие резания определялось методом измерения и регистрации давления в гидросистеме механизма перемещения рабочего органа в процессе рабочего хода.

Поскольку на выходной параметр помимо управляемых факторов существенно влияли неуправляемые /состав почвы, влажность, на -

щенность ее корнями и проч./, то задача оптимизации решалась методами математического моделирования на базе экспериментальных данных, полученных по результатам факторных экспериментов.

Проведение опытов на почвах без корней планировалось по матрицам В-планов 2-го порядка, а на почвах с корнями - с использованием полных факторных планов ПФП 2^2 с центральной звездной точкой. Изучаемые факторы исследовались на трех уровнях варьирования. Все замеры выполнялись в 3-5 кратной повторности, варианты опытов рандомизировались с помощью таблиц случайных чисел. Исследования сопровождались замерами плотности и влажности грунтов по стандартным методикам.

Расшифровка полученных диаграмм осуществлялась методом автоматического считывания информации /устройство "Силует"/, с помощью полуавтоматического дешифратора ПОВД-12 и ручным методом. Дальнейшая обработка результатов осуществлялась на ЭВМ "Минск-32", "ЕС-1032", "Электроника МК-54" и "Электроника МК-52".

В качестве математической модели принимался полином второго порядка:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{11} x_1^2 + b_{12} x_1 x_2 + b_{22} x_2^2, \quad (II)$$

где b_0 - свободный член /пересечение/;

b_1, b_2 - коэффициенты регрессии;

x_1, x_2 - варьируемые переменные.

Для анализа функции отклика осуществлялось каноническое преобразование уравнения регрессии, вычислялись координаты геометрического центра и коэффициенты канонической формы. Дальнейшая обработка экспериментальных данных была связана с определением значений варьируемых факторов, при которых параметры оптимизации /выходные показатели/ имеют минимальное значение.

В четвертом разделе "Результаты экспериментальных исследований" изложены данные изучения корневых систем пересаживаемых деревьев и результаты исследований по обоснованию типа и оптимизации геометрических параметров выкопочной скобы.

Анализ полученных результатов исследований архитектоники показал, что верхняя граница залегания корней большинства исследуемых пород проходит на глубине не менее 6 см, а нижняя - не глубже 60 см. Наибольшая плотность корней по горизонтам на вертикальном срезе, отстоящем от ствола на расстоянии 40 см, отмечена

во втором горизонте, т.е. на глубине от 20 до 40 см. На первый /0-20 см/ и третий /40-60 см/ горизонты приходится соответственно 22% и 20% площади сечения срезов корней, учтенных на площадках. При этом в верхнем горизонте 70-80% корней залегают на глубине от 10 до 20 см, а в нижнем - 80-90% - на глубине от 40 до 50 см. Глубже 60 см на боковых срезах кома корней ни у одной породы нет.

На базе экспериментального материала был уточнен закон, по которому изменяется диаметр отдельного корня на пути от центра кома к его периферии. Построенные с помощью математической модели зависимости влияния ширины кома на количество попадающих в зону резания корней диаметром более 8 мм позволили сделать вывод о том, что в рамках решаемой задачи способ снижения количества срезов корней путем увеличения габаритов кома является малоэффективным как в биологическом, так и в экономическом планах.

С учетом особенностей строения корневых систем выращенных в питомниках деревьев, конструкции выкопочного устройства и принятой технологии работ рекомендованы следующие габариты кома:

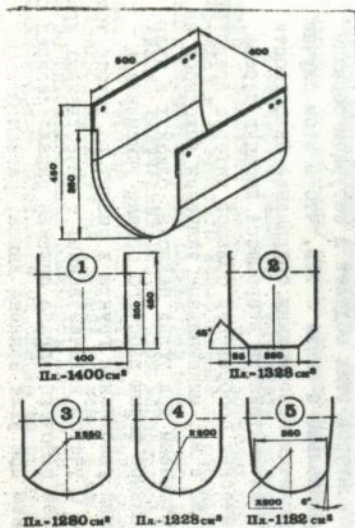
длина - 1,2-1,3м, ширина - 1,0м, высота - 0,8-0,9м.

При исследованиях моделей рабочего органа выходными параметрами служили усилия резания грунта, значения которых затем были отнесены к площадям поперечных сечений моделей. Этот параметр /удельное усилие резания/ был принят за критерий оптимальности конструкции. Графики зависимостей удельного усилия резания грунтов от угла наклона днища моделей приведены на рис.3,6. Наименьшие значения выходного параметра получены для режущих периметров № 1 и № 5 при значениях углов наклона их днищ $3,5^{\circ}$ и $4,5^{\circ}$.

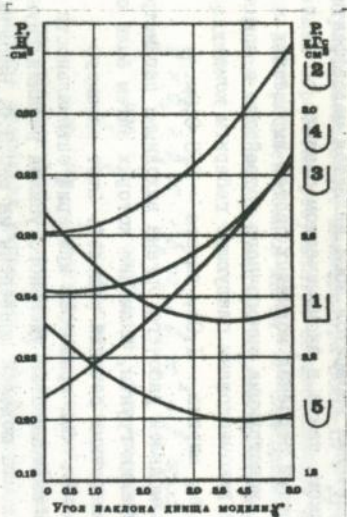
Однако повторение контуров этих моделей в натурном образце рабочего органа нерационально в связи с тем, что в этом случае затрудняется или становится невозможным сохранение целостности кома при удалении его из контейнера в процессе высадки дерева.

С учетом технологических соображений большой интерес представляют контуры моделей №2 и №3, минимальные значения выходного параметра для которых отмечены при углах наклона, близких к нулю.

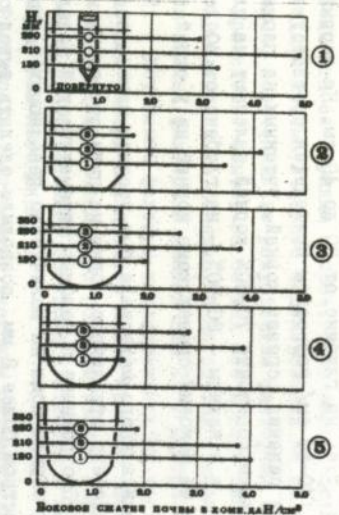
При выборе рациональной формы рабочего органа учитывались результаты исследований уплотнения грунта в разных по высоте точках вырезаемого кома. С учетом количественных и качественных критериев наилучшей формой рабочего органа признан параллелепипед с закругленным основанием при угле наклона днища, равном 0° .



а



б



в

Рис.3. Экспериментальные исследования по обоснованию рациональной формы выкопной скобы:
 а - масштабные модели рабочих органов; б - зависимость удельного сопротивления грунтов
 резанию от углов наклона дна и формы режущего периметра; в - распределение напряжений
 в пластах грунта в зависимости от формы режущего периметра

Исследования в полевых условиях скобы прототипа /рис.7,а/ и экспериментальной скобы с пилообразными лезвиями, разработанной с учетом выдвинутых нами теоретических положений, позволили выявить преимущества последней. При резании почв с корнями усилия резания экспериментальной скобой получены меньшими по сравнению с прототипом на 20%. Качество перерезания корней улучшилось и достигло уровня, соответствующего агротехническим требованиям, а уплотнение грунта в контейнере резко снизилось.

Таким образом, принятые направления модернизации рабочего органа дали искомый результат, что подтвердило их правильность и эффективность. Дальнейшие исследования были направлены на оптимизацию геометрических параметров экспериментальной скобы. При резании почв без корней получено следующее уравнение регрессии, определяющее усилие резания \hat{y} от угла наклона лезвий скобы X_1 и угла заострения лезвий X_2 :

$$\hat{y} = 83,89146 - 1,29339 x_1 - 2,02229 x_2 + 0,0149 x_1^2 + 0,01250 x_1 x_2 + 0,02876 x_2^2 \quad (12)$$

Графики, отражающие зависимость усилия резания почв от углов заострения лезвий и углов их наклона в плоскости резания, а также поверхность отклика приведены на рис.4.

После канонического преобразования полученного уравнения регрессии и соответствующего графоаналитического анализа установлено, что минимальному значению усилия резания соответствуют углы заострения лезвий $27,5^\circ$, углы наклона лезвий - $30,0^\circ$.

При выборе исходной математической модели для описания процесса резания почв с корневыми включениями рассматривались частные случаи полного полинома, которые в дальнейшем исследовались на адекватность. Наиболее точным оказалось следующее выражение:

$$y = 70,314 - 2,1153 x_1 + 0,0252 x_1^2 + 0,0159 x_1 x_2 \quad (13)$$

Построенные с помощью этого уравнения регрессии графики зависимости усилия резания почв с корнями от угла наклона лезвий скобы и от угла заострения лезвий, а также поверхность отклика, отражающая зависимость усилия резания от совместного действия варьируемых факторов, представлены на рисунке 5.

Анализ канонического уравнения показал, что поверхность, описываемая уравнением (13), представляет собой часть гиперболической

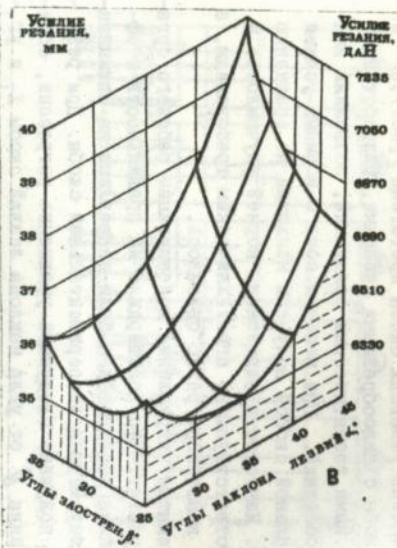
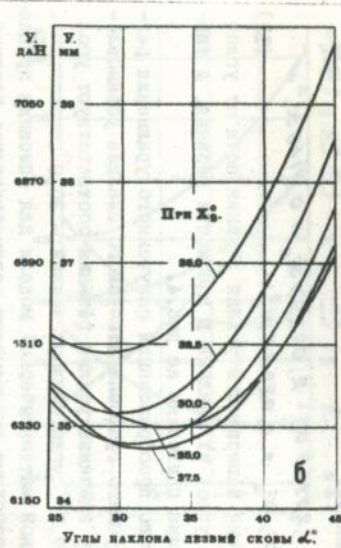
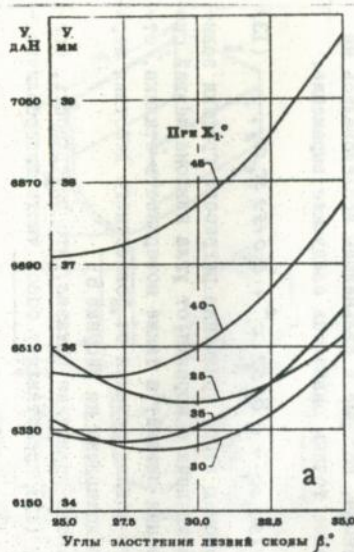


Рис. 4. Результаты полевых исследований по оптимизации угловых параметров выкопочной скобы для условий резания почв без корней:

а - линии уравнения квадратической регрессии для зависимости усилия резания почв без корней от угла заострения лезвий скобы /при фиксированных значениях углов их наклона/; б - то же от угла наклона лезвий скобы /при фиксированных значениях углов их заострения/; в - зависимость усилия резания от совместного действия угла заострения и угла наклона лезвий скобы

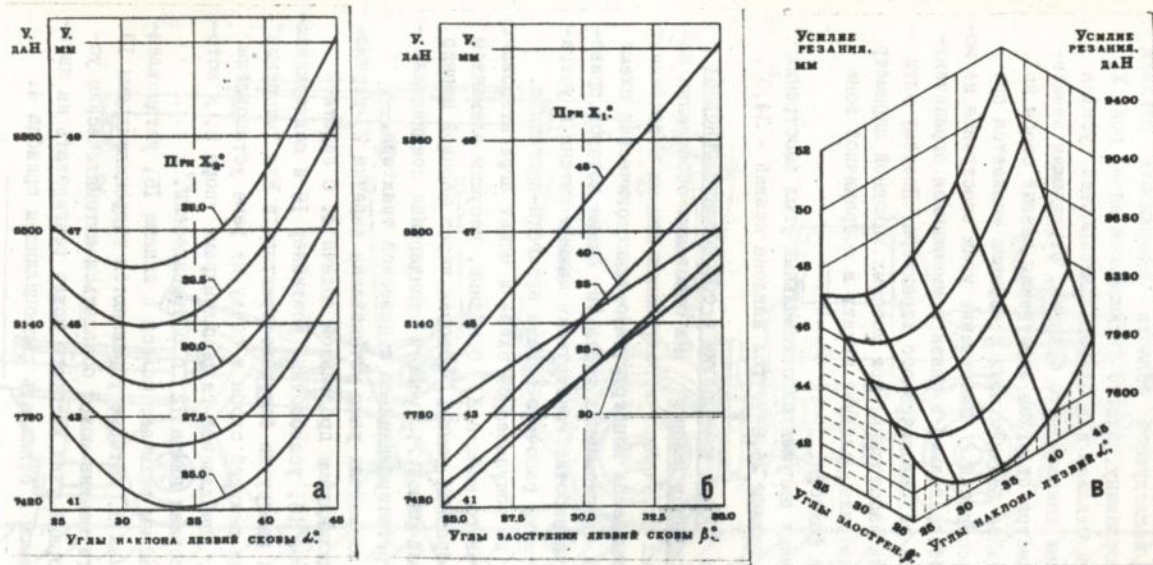


Рис.5. Результаты полевых исследований по оптимизации угловых параметров выкопной скобы для условий резания почв с корнями:

а - линии поверхности регрессии, моделирующей зависимость усилия резания почв с корнями от угла наклона лезвий скобы /для фиксированных углов заострения/; б - то же от угла заострения лезвий скобы /для фиксированных значений угла их наклона/; в - зависимость усилия резания насыщенных корнями почв от совместного действия угла заострения и угла наклона лезвий скобы

кого параболами. В исследуемой области поверхность отклика представляет собой котловину, плавно снижающуюся вдоль оси X_2 .

Анализ поверхности отклика и графиков зависимостей усилия резания почв с корнями показал, что функция, отражающая зависимость выходного параметра от углов заострения лезвий скобы не имеет экстремума. Усилие резания почв с корнями снижается пропорционально углу заострения. Уменьшение угла заострения не может осуществляться беспредельно в связи с имеющимися ограничениями конструктивного и технологического характера. Поэтому оптимальные значения угла заострения, при которых выходной параметр имеет минимальное значение, следует искать в пограничной зоне области исследования фактора.

С учетом приведенных аргументов оптимальный угол заострения лезвий скобы принят равным $25,0^\circ$, угол наклона лезвий - $34,0^\circ$.

В пятом разделе "Общая компоновка и обоснование основных параметров рабочих органов машины" на основании обобщенных материалов литературных источников и полученных данных собственных исследований обосновывается конструктивно-технологическая схема машины для пересадки крупномерных деревьев, схема которой приведена на рис.6. При разработке конструкции машины учтены и устранены основные недостатки рабочего органа агрегата-прототипа.

Машина выполнена по полунавесной схеме и может агрегатироваться с тракторами тягового класса 3. Основным, несущим элементом машины является П-образная рама 1, которая через шаровой шарнир связана с треугольной рамой 7, имеющей стандартные соединительные элементы для агрегатирования ее с навеской трактора.

На направляющих элементах рамы установлена каретка 2, перемещаемая двумя гидроцилиндрами продольной подачи 4. С кареткой связаны режущая скоба 18, упаковочный контейнер 16 и поддерживающая скоба 14. Для разгрузки базового трактора и для "якорения" машины при внедрении режущей скобы в почву на раме установлены двуплечие рычаги 6, управляемые гидроцилиндрами упора 5, к которым присоединена опорная плита 12 с почвозацепами.

Ходовая часть машины включает колеса с шинами 15, установленные на опорных рамках 3, которые управляются гидроцилиндрами 13.

При необходимости машина может оснащаться автоматическим устройством, контактный узел которого может реагировать на касание с вырезаемым комом и отключать гидроцилиндры привода 4.

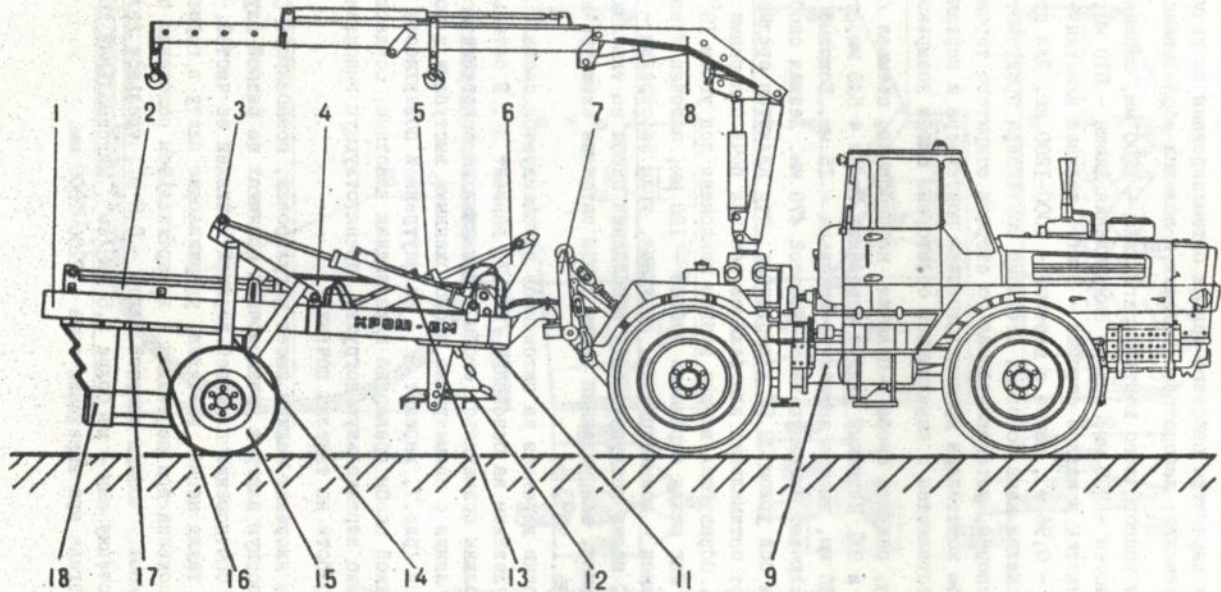


Рис.6. Схема машины для пересадки крупномерных деревьев с комом земли МПКД "Крот-6М":

1 - рама; 2 - каретка; 3 - рама опорная; 4,5,6 - гидроцилиндры; 6 - рычаг двулучий; 7 - рама стыковочная; 8 - гидрокран; 9 - трактор базовый; 11,17 - лыжи опорные; 12 - плита опорная, 14 - скоба поддерживающая; 15 - колесо; 16 - контейнер упаковочный; 18 - скоба режущая

Основные параметры рабочего органа оптимизированы по результатам теоретических, лабораторно-полевых и полевых исследований.

Габариты упаковочного контейнера: длина - 1200 мм, ширина - 1000 мм, высота - 900 мм, радиус закругления днища - 510 мм, количество пластин в каждой створке - 3 шт., толщина пластин - 6 мм. Объем кома - 0,96 м³, масса с деревом - 1000-1200 кг. Для предупреждения сжатия кома боковыми стенками контейнера предусмотрена съемная распорка, устанавливаемая со стороны открытого торца перед подъемом контейнера краном. Стыковка контейнера и передней скобы осуществляется с перекрытием со стороны скобы козырьком.

Передняя, режущая скоба - цельная, неразборная, съемная /рис.7, варианты 2 и 3/. Наружный радиус основания скобы - 540 мм, толщина тела - 30 мм, высота защитного козырька - 15 мм. Боковые стенки скобы включают активную часть высотой 470 мм. Лезвия скобы расположены под углом 32,5° к вертикали, что является средним значением от оптимальных для режимов резания почв с корнями и без корней. Образующая вершин зубьев наклонена под углом 15° к вертикали. Шаг между вершинами зубьев - 180 мм, заточка лезвий боковых стенок - асимметричная, наружная, углы заострения - 25,0° ... 27,5°. С целью предупреждения выползания скобы на тяжелых грунтах нижняя, закругленная часть скобы заточена симметрично под углом 25...30°.

Для выкопки деревьев из питомников рекомендуется скоба с прямолинейным лезвием на основании /рис.7, вариант 2/. В остальных случаях должны применяться скобы с лезвиями на основании в форме ломаной линии с симметрично расположенными выступами и носом на конце /рис.7, вариант 3/. На внутренней поверхности основания такой скобы приварена клиновидная пластина, создающая дополнительно вертикальную догрузку, препятствующую выползанию скобы при работе на тяжелых почвах.

Механизм якорения машины имеет регулировки, позволяющие фиксировать опорную плиту в установочных приямках на разной глубине и изменять соотношение площадей верхней и нижней ее частей. Предусмотрены также цепи: растяжки, удерживающие плиту в горизонтальном положении при переездах и в вертикальном положении при вырезании кома. Площадь опорной плиты - 0,8 м², удельное давление ее на стенку ямы - не более 2,5 даН/см². Максимальный ход рабочего органа при вырезании кома - 1700-1800 мм.

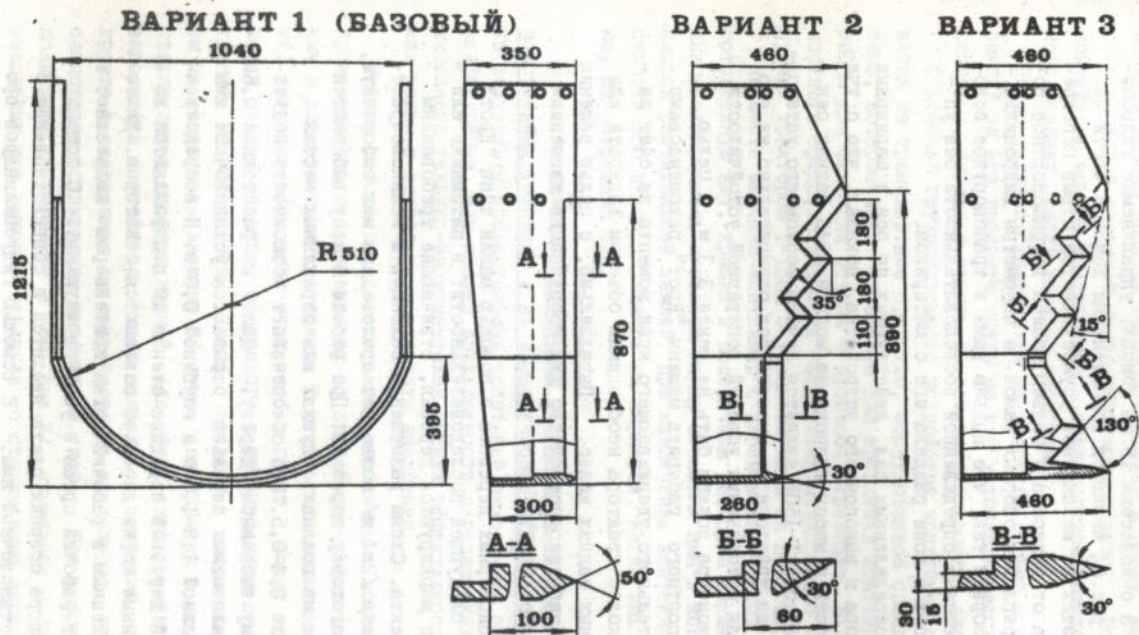


Рис.7. Варианты исполнения режущих скоб:

а - выкопная скоба агрегата "АВКС"; б - выкопная скоба машины "Крот" для работы в питомниках; в - то же для выкопки крупномерных деревьев с неоформированной корневой системой

Опорные рамки 3 с колесами I5 на концах, управляемые гидроцилиндрами I3 /см. рис.6/, являются компонентами ходовой части машины. С помощью этих же механизмов осуществляется отрыв неподрезанной части кома от материка и подъем машины в транспортное положение. Места крепления опорных рамок и параметры гидроцилиндров подъема подобраны так, что подъем рамы в транспортное положение осуществляется в определенной последовательности без уплотнения почвы кома в зоне раздела его с материком.

Анализ перераспределенных сил, действующих на оси и шарнирные сочленения трактора и выкопчного устройства, показал, что с учетом грузоподъемности и массы гидрокрана модели 5943 задняя секция колесного трактора Т-150К является лучшим местом его установки. Монтаж крана на тракторе не сказывается отрицательно на его управляемости. Для обеспечения условий поперечной устойчивости ширина опорного контура должна быть не менее 3,3 м. С целью уменьшения транспортного габарита машины "Крот" рекомендовано создание дополнительного удерживающего кран момента за счет заполнения задних колес трактора необходимым объемом жидкости или установки спаренных задних колес. Параллельно, с целью решения той же задачи, разработано устройство для координации движения звеньев стрелы /а.с. 865771/.

Пересадка крупномерных деревьев с помощью машин типа "Крот" осуществляется в следующей последовательности: в питомнике или в лесу выбираются и маркируются деревья, отвечающие требованиям озеленяемого объекта. Схема размещения саженцев в великовозрастной школе питомника /2x4 м/ позволяет производить как выборочную, так и сплошную заготовку деревьев. При работе в лесу выбираются деревья, растущие на полянах, опушках или изреженных местах с полнотой не выше 0,4-0,5. Это обеспечивает возможность подъезда машины к любому выбранному дереву. Далее на расстоянии 0,6м от стволов пересаживаемых деревьев отрываются установочные ямы шириной 1,2 м, длиной 1,8-1,9 м и глубиной 0,9 м. Непосредственно перед выкопкой деревьев передние стенки ям подправляются лопатами, а обнаженные корни деревьев освежаются секатором. Далее машина с установленным в рабочий орган контейнером подъезжает к дереву и опускает рабочий орган в установочную яму. С помощью гидроцилиндров упора опорная плита вводится в соприкосновение с задней стенкой установочной ямы. С помощью гидроцилиндров про-

дольной подачи рабочий орган внедряется в почву, вырезая ком земли с корневой системой пересаживаемого дерева. После заполнения контейнера машина поднимается в транспортное положение, отрывая неподрезанную часть кома от материка.

После удаления контейнера из рабочего органа и срезания выступающей за его габариты почвы на нем устанавливается поперечная распорка, передняя стенка и, при необходимости, две верхние крышки.

С помощью грузоподъемного устройства контейнер с деревом грузится на транспортное средство, оборудованное специальными кассетами, которые имеют ложементы для крепления контейнеров и мягкие опоры для фиксации ствола в процессе перевозки. В качестве транспортного средства наиболее эффективен низкорамный трейлер, буксируемый трактором Т-150К с установленным на нем гидрокраном.

На месте высадки контейнер с деревом опускается в заранее подготовленную яму, крышки и поперечная распорка снимаются, замки днища отпираются, а зазоры между стенками ямы и контейнером заполняются растительной землей. При извлечении контейнера из почвы створки его днища, вращаясь на шарнирах, легко выходят из-под кома, не повреждая его.

В шестом разделе "Апробация результатов исследований в производственных условиях и их экономическая эффективность" приведены результаты сравнительных испытаний выкопочных скоб различной конфигурации, дан анализ приживаемости пересаженных деревьев, выполнена технико-экономическая оценка эффективности использования машин и приведены результаты внедрения.

Оценка работоспособности скоб, выполненных по вариантам 2 и 3, производилась в сравнении их со скобой прототипа по количественным и качественным критериям. В результате испытаний установлено, что процессы вхождения этих скоб в грунт более спокойные, повышения усилия резания, связанного с преодолением сил инерции и трения, не наблюдается. Скоба с носиком и непрямолинейным лезвием на основании /вариант 3/ лучше справляется с перерезанием стержневых и якорных корней. Для обеих скоб усилия резания при заполнении контейнера имеют наибольшие значения, однако сжатия грунта и распираания им контейнера не происходит, что является следствием оптимизации параметров скоб. При работе скобы, выполненной по варианту 3 /см. рис.7/, суммарное сопротивление ее внедрению при выкопке деревьев со стержневыми корнями снижается

по сравнению со скобой прототипа на 20% и на 13% по сравнению со скобой, выполненной по варианту 2. Лучшее качество среза при меньших энергозатратах обеспечивает скоба с носиком на основании, качество срезов отвечает лесотехническим и агротехническим требованиям. Симметричная заточка нижней части скоб и наличие клиновидной накладки на основании полностью ликвидировали явление выползания рабочего органа из приямка и связанное с ним уплотнение кома. Характер внедрения скобы в грунт отличается стабильностью и реализуется с большим запасом мощности. Разрушений кома, разломов его и появления трещин и раковин скола перед скобой в процессе испытаний не наблюдалось.

Наблюдения за приживаемостью пересаженных деревьев осуществлялись в течение 10 лет /1977-1987 гг./ на объектах озеленения Кировского ПО зеленого хозяйства, где было изготовлено и внедрено три машины "Крот". За этот период было пересажено более 20 тысяч деревьев в возрасте от 15 до 25 лет. По оценке специалистов, участвовавших в проведении этих наблюдений, процент приживаемости и сохраняемости пересаженных деревьев составил 97-98%.

Технико-экономическая оценка эффективности проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ включала расчет производительности выкопочных машин на колесном и гусеничном тракторах, определение годового экономического эффекта и других показателей эффективности, а также расчет потребности в машинах и определение ожидаемого народнохозяйственного эффекта от их использования. Все расчеты выполнены в ценах и расценках 1990 г.

Расчет суммарных капитальных вложений производился с учетом фактора времени. Минимальная годовая производственная программа, составляющая 450-500 деревьев, при которой использование машин становится экономически целесообразным, рассчитана, исходя из шестилетнего срока окупаемости дополнительных капитальных вложений на разработку и внедрение новой техники.

По результатам оценки определены следующие критерии эффективности: сменная выработка - 31 дерево, годовой объем производства - 4774 шт., годового экономического эффект в расчете на одну машину - 105-108 тыс. рублей, срок окупаемости капитальных вложений - 0,17-0,24 года, повышение производительности труда - 7054%, планируемое уменьшение численности занятых рабочих - 85 чел, коэф-

коэффициенты экономической эффективности НИР и ОКР - 25-28, коэффициенты общей эффективности затрат - 4,12-5,86.

Расчет потребности в машинах для выкопки и пересадки крупномерных деревьев по состоянию на 1990 г. производился на основании плановых заданий по комплексному развитию зеленых зон городов и поселков Украины, нормативного количества крупномерного посадочного материала, высаживаемого в различных видах насаждений, и определенного на их основе удельного количества крупномера, приходящегося на одного городского жителя.

Расчет потребного количества машин для стран-членов СНГ производился укрупненно - по нормам, принятым в Украине и России.

Установлено, что необходимое количество машин типа "Крот" для народного хозяйства Украины - 109 шт., в масштабе бывшего СССР - 593 машины.

Внедрение результатов диссертационной работы осуществлялось по нескольким направлениям: - путем организации серийного производства машин по планам соответствующих министерств и ведомств; - изготовления и внедрения выкопочных машин на договорной основе с оказанием помощи в процессе изготовления, приемки, освоения машин и обучения персонала; - путем передачи заинтересованным хозяйствам технической документации или уже готовых машин.

В результате на Луцком ЭПО МЖХ УССР в 1978-1979 гг. изготовлены 3 машины "Крот-4М", на Целиноградском заводе по ремонту дорожной техники Министерства автомобильных дорог Казахской ССР с 1979 по 1984 г. изготовлены 22 машины "Крот-4" и "Крот-6".

В последующие годы на 20 заводах-изготовителях различных ведомств Украины, России, Башкортостана, Татарстана, Азербайджана, Бурятии продолжался выпуск различных моделей выкопочных машин в количествах, достаточных для удовлетворения нужд хозяйств указанных регионов.

Достоверная информация об экономии за первые /после начала внедрения/ пять лет эксплуатации машин /1977-1981 гг./ поступила через органы ЦСУ СССР от озеленителей гг. Красноярска, Кирова, Куйбышева и Уфы и составила 598941 рубль. Другие организации, внедрившие у себя машины типа "Крот", о полученной экономии в установленном порядке не отчитались.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Механизация пересадки крупномерных деревьев с комом земли имеет решающее значение в ускорении озеленения городов и населенных мест, однако реализация этой проблемы сдерживается отсутствием соответствующих машин, что обусловило необходимость диссертационных исследований.

2. Теоретическими и экспериментальными исследованиями установлено, что физико-механические свойства компонентов комплексной среды "почва-корень" и их структурная взаимосвязь влияют на процесс резания и обуславливают специфические требования к рабочему органу, который должен эффективно совмещать функции резания корней с раскалыванием и деформацией грунта.

3. Анализом результатов исследований моделей выкопочных скоб установлено, что с учетом энергоемкости и уплотнения кома земли при его вырезании наиболее перспективной формой рабочего органа является прямоугольный параллелепипед с закругленным основанием при параллельном положении дна относительно горизонта.

4. Теоретическими предпосылками и экспериментальными исследованиями обоснованы оптимальные параметры режущей части рабочего органа. Лезвие предложено выполнять пилообразной формы, позволяющей реализовывать наклонное резание при небольшой ширине скобы.

Выкопочная скоба с оптимизированными параметрами обеспечила снижение сопротивления внедрению на 15-20%, при этом качество среза корней отвечало соответствующим требованиям.

5. По результатам исследований технологического процесса и рабочих органов предложена новая конструктивно-технологическая схема машины для пересадки крупномерных деревьев с комом земли /а.с. № 505402/. Основное отличие этой машины заключается в том, что внедрение рабочего органа при вырезании кома осуществляется с опорой рамы на заднюю стенку установочного приямка.

6. Применительно к машине, агрегируемой с трактором Т-150К, обоснована целесообразность оснащения ее гидрокраном. Разработана и применена методика проверки устойчивости гидрокрана-манипулятора, смонтированного на тракторе с шарнирно-сочлененной рамой.

7. Испытаниями в производственных условиях выявлена высокая эффективность новой машины. Качественные показатели ее работы соответствуют предъявляемым требованиям. Процент приживаемости и сохраниваемости пересаженных деревьев составляет 97-98%. Годовой

экономический эффект от внедрения одной машины при пересадке 4,5 тыс. деревьев составил в ценах 1990 г. 100 тыс. рублей.

Срок окупаемости выкопчной машины - 0,24 года. Расчетная потребность - 109 шт. для Украины и 598 шт. для стран-членов СНГ.

8.С использованием разработанной нами технической документации изготовлено и применяется в хозяйствах различных ведомств Украины, России, Башкортостана, Татарстана, Азербайджана, Узбекистана и др. более 40 машин типа "Крот" различных модификаций, в том числе 4 машины в Украине.

9.В процессе выполнения диссертационных исследований разработаны на уровне изобретений устройство для измерения давления в грунтах /а.с. 340919/, устройство для координации движения звеньев стрелы гидравлического крана-манипулятора и переноса им грунтов по заданной траектории /а.с. 865771/ и роторный рабочий орган для рытья ям различной глубины с одновременным фрезерованием корней, пней и других органических включений, попадающих в зону резания /а.с. 487986/.

Основные положения диссертации изложены в следующих трудах:

1.Эфективність застосування агрегату для пересадки крупномірних дерев з грудкою землі // Лісівництво і механізація лісового господарства. Наукові праці УСГА, вип.64. - К., 1972.

2.Самоходная установка для измерения сопротивления грунтов резанию // Механизация возделывания и уборки сельскохозяйственных культур. Научные труды УСХА, вып.90. - К., 1972.

3.Методика вимірювання зміни питомого тиску в грунтах // Вісник сільськогосподарської науки. - 1973. - № 3.

4.Исследование и обоснование основных параметров рабочего органа агрегата для выкопки крупномерных деревьев с комом земли // Тезисы докладов Всесоюзной научно-производственной конференции по вопросам совершенствования лесного хозяйства. - К., 1973.

5.Технико-экономическая оценка озеленения городов выкопчными агрегатами новой конструкции // Лесоводство и агролесомелиорация. Вып. 35. - Харьков, 1974. - /соавтор/.

6.К вопросу обоснования параметров кома земли, окапываемого при пересадке крупномерных деревьев // Лесоводство и лесоведение. Научные труды УСХА, вып. 132. - К., 1974.

7.Механизованная пересадка деревьев с комом // Цветоводство. - 1975. - № 8.

8. Машина для пересадки крупномерных деревьев // Лесное хозяйство. - 1978. - № 6. - /соавтор/.

9. Основные направления модернизации конструкции агрегата для выкопки крупномерных деревьев с комом земли // Механизация сельскохозяйственного производства. Научные труды УСХА. - К., 1978.

10. Машины для пересадки крупномерных деревьев "Крот" // Информационное письмо. - К., Редакционно-издательская группа УСХА, 1979.

11. Автоматизация подъемно-транспортных операций при пересадке крупномерных деревьев // Комплексная механизация и автоматизация переместительных операций в лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности. Тезисы докладов IV Всесоюзной научно-технической конференции. - М., 1984.

12. Создание зеленых лесных насаждений путем посадки крупномерных деревьев с комом земли на территории сельских населенных пунктов и производственных объектов // Лесное хозяйство в решении Продовольственной программы. Тезисы докладов участников Республиканской научно-технической конференции. - К., 1984. - /соавтор/.

13. Создание защитных лесных насаждений на пастбищных землях посадкой крупномерных деревьев // Защитное лесоразведение и повышение плодородия почв. Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического совещания. - Новосибирск-Краснозерское, 1986. - /соавтор/.

14. Перераспределение нагрузок на узлы трактора Т-150К при агрегатировании его с гидравлическим краном-манипулятором 5943 // Совершенствование лесного хозяйства и защитного лесоразведения. Научные труды УСХА. - К., 1987.

15. А.с. 340919 СССР, МКИ Б 01 В 9/00. Устройство для измерения давления в грунте / Грушанский О.А., Курило В.С.. - Опубл. 05.06.72. Бюл. № 18.

16. А.с. 505402 СССР, МКИ А 01 В 23/04. Устройство для пересадки деревьев с комом земли / Грушанский О.А., Курило В.С. Опубл. 05.03.76. Бюл. № 9.

17. А.с. 487986, МКИ Е 02 f 5/08. Роторный рабочий орган / В.С. Курило, О.А. Грушанский. - Опубл. 15.10.75. Бюл. № 38.

18. А.с. 865771 СССР, МКИ В 66 С 23/68. Гидравлический кран-манипулятор / Грушанский О.А., Проскураков В.В., Курило В.С. - Опубл. 23.09.81. Бюл. № 35.

Підп. до друку 15.04 94 Формат 60/84 1/16

Об'єм 0,9 ум. друк. арк. Тираж 100. Зам. № 35

Інститут землеустрою УАН. Ротапринт

46271

AB 29.925

AB 29.925