

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА СССР  
ГРУЗИНСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

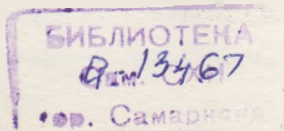
МАРГВЕЛАДВИЛИ Арчил Валериевич

УДК 631.333.8:634.1

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ  
ОЧАГОВОГО ВНЕСЕНИЯ НАВОЗНОЙ ЖИКИ В ПОЧВУ В  
ИНТЕНСИВНЫХ САДАХ

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



Работа выполнена в Грузинском научно-исследовательском институте механизации и электрификации сельского хозяйства им. К.М. Амираджиби и в Грузинском научно-исследовательском институте садоводства, виноградарства и виноделия

Научный руководитель - доктор сельскохозяйственных наук,  
старший научный сотрудник

И.С. КИКАБИДZE

Официальные оппоненты - доктор технических наук

М.Г. ГОГИШВИЛИ

кандидат технических наук, доцент

Г.И. ГЕГЕЛИДZE

Ведущее предприятие - Научно-производственное объединение  
"ГРУЗСЕЛЬХОЗМАШ"

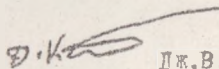
Защита диссертации состоится "9" ИЮЛЯ 1991 г.  
в 13<sup>00</sup> часов на заседании специализированного совета Д.120.42.02  
при Грузинском ордена Трудового Красного Знамени сельскохозяй-  
ственном институте по адресу: 380031, г. Тбилиси-31, Дигоми.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан "1" ИЮНЯ 1991 года

Ученый секретарь  
специализированного совета,

доктор технических наук, профессор



Д.В. КАЦИТАДZE

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность те. и. Государственным планом на 1990-2000 годы предусматривается довести производство всех видов плодов в республике до I 200 000 т.

Одним из основных рычагов дальнейшего увеличения урожайности садов является обеспечение его органико-минеральными удобрениями. Агрономической наукой доказано, что величина урожая зависит не только от количества внесенных удобрений, но и от качества их распределения. По данным ЦНИАО, из-за неравномерного внесения удобрений урожай снижается на 12-14%.

Весомым резервом органических удобрений является безподстилочный навоз, накапливающийся в жидком виде в прифермских хранилищах животноводческих комплексов.

Жидкий навоз является ценным органическим удобрением и эффективное его использование позволяет значительно увеличить производство плодов.

Внесение жидкого навоза (жижи) под многолетние насаждения является пока нерешенной задачей. Существующие методы поверхностного разброса их с последующей запашкой, нерациональны - питательные вещества должны быть поданы к активным всасывающим корням растений, расположенным ниже пахотного слоя. Глубокое внесение удобрений с помощью щелезоров или сошников сопровождается значительными повреждениями корневой системы растений, что также нежелательно.

Поэтому задача разработки технологии и рабочего органа, подающего навозную жижу или жидкое комплексное удобрение в почву очагами на пахотную глубину (0,2-0,22 м) большими дозами без повреждения насаждений, является весьма актуальной.

Цель и задачи исследований. Целью настоящей работы является разработка технологии и рабочего органа для очагового внесения жидкого органического удобрения в междурядьях интенсивных садов при различных условиях эксплуатации. В соответствии с поставленной целью, выдвинуты следующие задачи исследований:

Обосновать и уточнить технологию механизированного очагового внесения навозной жижи в междурядьях интенсивных садов большими дозами;

- Разработать рабочий орган для выполнения этого процесса;
- Разработать методику расчета рациональных параметров рабочего органа;

Выявить эксплуатационные и качественные показатели работы машины для очагового внесения навозной жижи.

Объекты исследования. Объектами исследования являются:

- Интенсивные сады основных плодородческих районов Республики Грузии.

- Экспериментальное устройство для очагового внесения навозной жижи в почву в междурядьях интенсивных садов.

- Механизм для образования очагов (дунки) в разрыхленной почве, состоящей из колеса с шипами, цепи, кудачкового толкателя, заслонки и резинового рукава.

Научная новизна. Обоснована рациональная технология очагового внесения навозной жижи большими дозами в междурядьях на пахотную глубину. Предложена конструкция аппарата для образования дунки в виде рабочего органа-накопителя с камерой дозатором облицованной резиновой цилиндрической подкладкой. Разработано устройство для очагового внесения удобрений в междурядьях на пахотную глубину. Разработана методика расчета рациональных параметров рабочего органа. Выведено регрессионное уравнение функциональной зависимости качественных показателей технологического

процесса от конструктивных и режимных параметров агрегата.

Новизна технического решения защищена авторским свидетельством № 1591845, БИ № 34, 1990 г.

Практическая ценность и реализация работы. На основе принципиальной схемы и разработанной методики расчета спроектирован агрегат для очагового внесения жидких органических удобрений (жижа) в интенсивных садах, прошедший межведомственные испытания и получивший рекомендацию для внедрения в производство. Экспериментальный образец используется в хозяйствах республики. Охлаемый экономический эффект от внедрения составляет 2810 руб. в год по сравнению с пистерной-разбрасывателем РТБ-4М.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на заседаниях лаборатории механизации садоводства Груз.НИИМЭСХ (1987 г.); на заседании отдела механизации Груз.НИИСВЯВ (1988 г.); на научной конференции молодых ученых (Мичуринск, 1990 г.); на научной конференции молодых ученых (Тбилиси, 1990 г.); на объединенном заседании кафедр почвообрабатывающих машин и эксплуатации машинно-тракторного парка (1990 г.).

Материалы диссертации включены в труды Груз.НИИМЭСХ г. Тбилиси, 1990 г.).

Публикация результатов исследований. По результатам диссертационной работы опубликовано 10 трудов, из них 1 изобретение.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, общих выводов, библиографии из 114 наименований, из которых 9 на иностранном языке. Работа изложена на 135 страницах машинописного текста и содержит 11 таблиц, 28 рисунков и 9 приложений на 32 страницах.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе - "Современное состояние, направление исследования и разработки технологии и технических средств для внесения жидких органо-минеральных удобрений в садах" - рассматриваются краткие сведения о состоянии и развитии плодового хозяйства в Грузии, виды удобрений и агротехнические особенности внесения их в почву, корневая система плодового дерева и питание растения органо-минеральными удобрениями, обзор технологии и технических средств для очагового внесения жидких органических удобрений в почву.

В работах Н.Д. Спиваковского, Г.К. Васкана, В.Д. Корнейчука и В.К. Плакиды, В.Н. Кичигина, Г.В. Настас и других отмечается, что гнездовая подкормка растений удобрениями в жидком виде повышает урожайность на 15-30%.

Из обзора существующих отечественных и зарубежных машин ясно видно, что несмотря на большое количество машин для разбрасывания ЖОУ и внесения жидких минеральных и органических удобрений в почву, до сегодняшнего дня не имеется машины для внесения навозной жижи в больших дозах в интенсивных плодовых садах. Поэтому необходимо создать и исследовать специальное устройство для внесения в требуемом количестве навозной жижи в плодовых интенсивных садах.

В конце главы поставлены цель и задачи обоснования технологии и параметров рабочих органов агрегата для очагового внесения ЖОУ в интенсивных садах.

Во второй главе - "Изыскание рациональной технологии и принципиальных схем рабочих органов для очагового внесения жидких органических удобрений в садах" дается: существующие технологии внесения ЖОУ в почву, (поверхностное, пуском в борозду и очаговое) и обоснование рациональной схемы рабочего органа и устройства для очагового внесения ЖОУ в садах.

Поверхностное внесение  $\text{ЖОУ}$  в почву, с экологической точки зрения, недопустимо для садов, так как в процессе разбрызгивания удобрения, большое его количество попадает на штаб и кроны дерева, что вызывает его загрязнение.

Для опосаба - пуск в борозду - необходимо два агрегата. Первый - агрегат для открывания борозды, второй - разбрасыватель  $\text{ЖОУ}$ , снабженный шлангом для его пуска в борозду. Оба агрегата без повреждения деревьев не могут перемещаться в узких рядах интенсивных садов.

Существует также технология очагового внесения в почву  $\text{ЖОУ}$ . При этой технологии агрегаты останавливаются у каждого дерева, либо вносят махую дозу, в частности 1-2 л при одном внесении,  $\odot$  при этом требуется чистое от механических примесей  $\text{ЖОУ}$ , например аммиак.

Если сделать анализ всех существующих технологий и технических средств для внесения жидких органических удобрений, придет к такому заключению, что следует разработать новую технологию, которая предусматривает открытие борозды в разрыхленной почве, образование лунки и одновременно подачу в нее  $\text{ЖОУ}$  в больших дозах, без остановки агрегата.

В рабочем цикле внесения  $\text{ЖОУ}$  в садах одним из решающих факторов являются рабочие органы. Применяемый нами рабочий орган - бороздооткрыватель. К нему приспособлен накопитель  $\text{ЖОУ}$ , который установлен над бороздооткрывателем. Верхняя часть бороздооткрывателя имеет переходную ступень к накопителю. Высота нового рабочего органа должна быть оптимальной, чтобы он обеспечивал внесение  $\text{ЖОУ}$  в почву на глубину до 22 см и в его верхней части накапливалось до 10-12 кг  $\text{ЖОУ}$ .

На рис. 1 дан продольный разрез экспериментального рабочего органа.

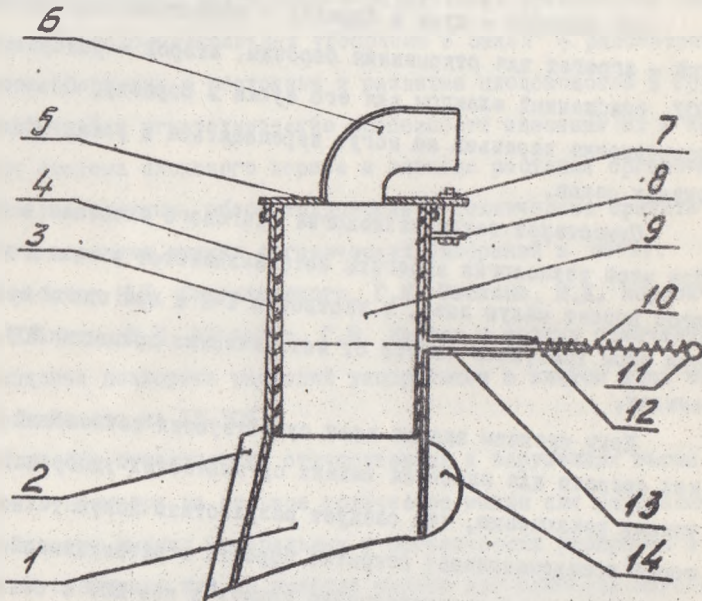


Рис. 1. Продольный разрез экспериментального рабочего органа.

- 1 - бороздооткрыватель, 2 - режущая кромка,
- 3 - кофух, 4 - резиновый эластичный цилиндр,
- 5 - крышка, 6 - соединяющее колено, 7 - 8 - гайка - болт, 9 - накопитель, 10 - пружина,
- 11 - ось, 12 - заслонка, 13 - направляющая,
- 14 - крыло бороздооткрывателя.

В третьей главе - "Конструктивные особенности экспериментального агрегата для очагового внесения ЖОУ в садах" - дается общая рациональная компоновка агрегата для очагового внесения ЖОУ в садах и его конструктивные особенности.

Для внесения ЖОУ в междурядьях садов, следует применять один агрегат с емкостью (резервуаром), достаточным хотя бы для одного прохода в междурядьях (длиной 150-200 м, которые распространены в плодородческих колхозах и совхозах Грузии). Агрегат должен обеспечить заполнение емкости на бороздооткрывателем в минимальное время, одновременно как с полной, так и неполнойистерной, в количестве достаточном для перемещения агрегата на расстояние меньше одного метра.

Исходя из вышеизложенного принципиальная схема агрегата для очагового внесения в почву ЖОУ большими дозами на пахотную глубину в междурядьях садов представлена на рис. 2.

Конструкционной особенностью данного агрегата является то, что в рабочие органы вставлены резиновые эластичные цилиндры, соответствующей рабочим органам формы, которые защищают подвижные и неподвижные узлы и детали от агрессивной среды ЖОУ (навозной жижи). Жидкость вытекая из резервуара не имеет соприкосновения ни с одной металлической конструкцией устройства, она с помощью гофрированных труб прямо попадает в резиновые эластичные цилиндры, а из последних - в почву.

Заслонка акрывается с помощью пружины и открывается с помощью рычага. Заслонка изготовлена из 2,5 мм-вой металлической пластины, которая передвигается в направляющих. С целью исключения её заклинивания в направляющих, в четырех точках заслонки установлены подпирники со своими осями. Внешняя форма поверхности заслонки соответствует внутренней поверхности рабочего органа, поэтому закрытие происходит плотно и протекания жижи не имеет места.

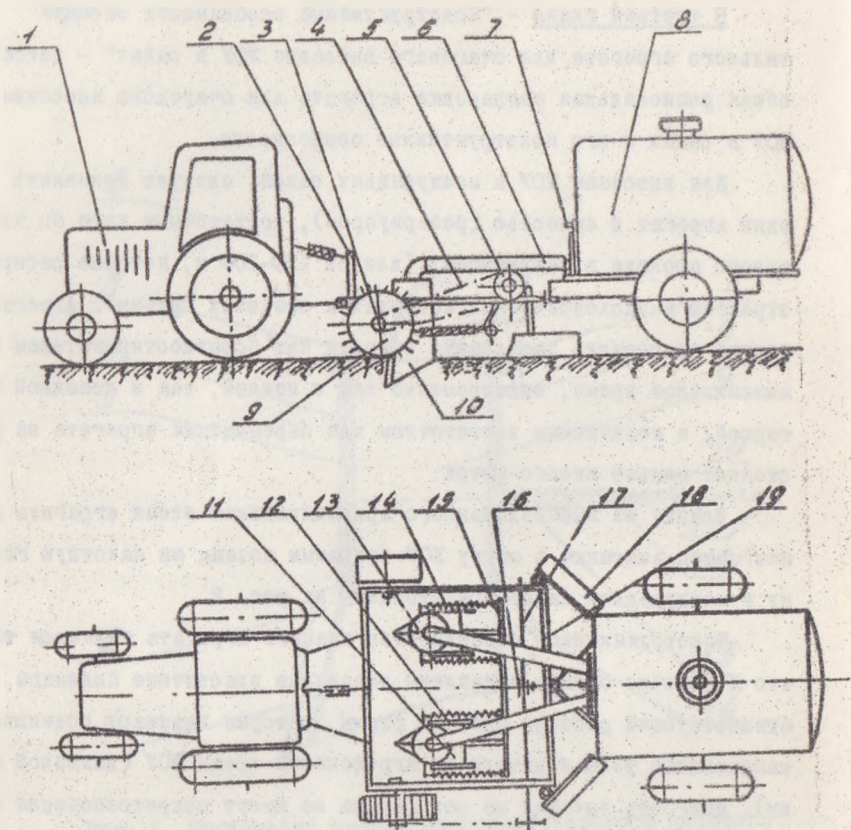


Рис. 2. Агрегат для очагового внесения ЖОУ в садах.  
I - трактор, 2 - навесное устройство рамы, 3 - ведущая звездочка, 4 - цепь, 5 - ведомая звездочка, 6 - гофрированный шланг, 7 - закрывающий щит цистерны, 8 - цистерна, 9 - приводное колесо, 10 - бороздооткрыватель, 11 - заслонка, 12 - направляющие заслонки, 13 - накопитель, 14 - пружина, 15 - ось, 16 - рычаг, 17 - вал, 18 - присыпатель земли, 19 - рама.

В четвертой главе приведено теоретическое обоснование формы и параметров рабочих органов агрегата, в частности: определены характеристики сопротивления почвы, обоснована форма рабочего органа, определен угол заострения лобовой поверхности рабочего органа и определено тяговое сопротивление рабочего органа в зависимости от его параметров и скорости движения агрегата.

В теоретическом обосновании процесса взаимодействия сошника с подготовленной к внесению удобрения почвой приняты следующие допущения:

- Процесс является квазистационарным.
- Почва представляет собой сыпучую среду.
- В подготовленной к внесению肥料ного удобрения почве абсолютные величины реакций, возникающих вследствие вертикального перемещения ее слоев, не зависят от направления вверх или вниз при условии, что причины вызвавшие эти перемещения, в обоих случаях одни и те же.

- Масштабный фактор не искажает качественную и количественную картину процесса взаимодействия.

- Соударения почвенных масс с поверхностью рабочего органа являются абсолютно неупругими.

Однозначное определение векторов и моментов, действующих на сошник со стороны почвы, может быть достигнуто при условии инвариантности характеристики сопротивления почвы по отношению к форме исследуемого рабочего органа. Рассмотрение процесса взаимодействия рабочей поверхности с почвой позволяет получить такую характеристику.

На рис. I показано разложение сил действующих на рабочий орган, в долях силы фронтального сопротивления почвы и рассмотрена схема действия сил на точку поверхности рабочего органа со стороны почвенной частицы. С целью упрощения рассуждения считаем, что

поверхность построена на основе плоского клина.

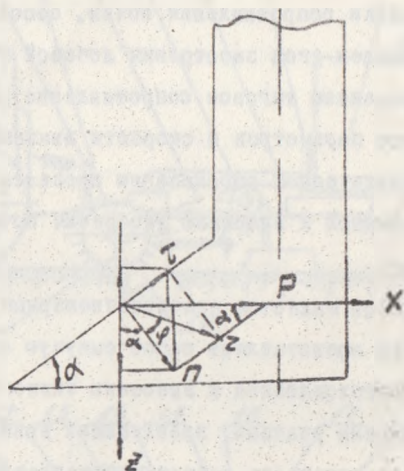


Рис. 3. Разложение сил действующих на рабочий орган, в долях силы фронтального сопротивления почвы.

Из схемы следует, что сила нормального давления

$$n = P \sin \alpha \quad (1)$$

тогда сила трения

$$T = n \operatorname{tg} \varphi = P \sin \alpha \operatorname{tg} \varphi \quad (2)$$

В общем случае рабочей поверхности величина  $\alpha$  меняется при переходе от одной точки поверхности к другой. Поэтому значение величин нормальной и касательной составляющих реакций, направление которых также меняется, малоинформативны. В этом случае целесообразно знать величины вертикальной  $Z_z$  и горизонтальной  $Z_x$  составляющих. Для нахождения последних спроектируем  $n$  и  $T$  соответственно на оси  $Z$  и  $X$ , при этом положительным считаем заглубляющее усилие, отрицательным - выглубляющее.

$$Z_z = P \sin \alpha \cos \alpha - P \sin \alpha \operatorname{tg} \varphi \sin \alpha = P \frac{\sin \alpha \cdot \cos(\alpha + \varphi)}{\cos \varphi} \quad (3)$$

$$Z_x = P \sin \alpha \cdot \sin \alpha + P \sin \alpha \operatorname{tg} \varphi \cos \alpha = P \frac{\sin \alpha \cdot \sin(\alpha + \varphi)}{\cos \varphi} \quad (4)$$

Кроме величин составляющих, интерес представляет величина угла  $\mathcal{E}$  наклона элементарной результирующей, тангенс которого определяется отношением  $Z_z$  к  $Z_x$ .

Тогда

$$\mathcal{E} = \alpha \operatorname{ctg} [\operatorname{ctg}(\alpha + \varphi)] = \frac{\pi}{2} - (\alpha + \varphi) \quad (5)$$

Таким образом, найдены выражения позволяющие определить в долях силы фронтального сопротивления величину и направление элементарной реакции почвы на рабочий орган.

Для обоснования формы рабочего органа учитывается, что сошник должен отвечать следующим основным требованиям: деформация и отбрасывание почвы в сторону рядка, повреждаемость растений деревьев, а также тяговое сопротивление должны быть, по возможности, минимальными.

Одним из основных параметров, влияющих на эти показатели работы сошника, является его форма поперечного сечения лобовой поверхности сошника.

Для её обоснования рассмотрено взаимодействие лобовой поверхности сошника, имеющего в поперечном сечении форму полукруга, полуэллипса и двухгранного клина, с почвой. На рис. 4 приведена схема скоростей при  $\alpha_i \geq \varphi$  где  $i = 1, 2, 3 \dots n$

Частица почвы соприкасающаяся с лобовой поверхностью в определенной точке на участке, где  $\alpha_i \geq \varphi$ , будет перемещаться по направлению, отклоненному от нормали к данной точке на угол внешнего трения  $\varphi$ .

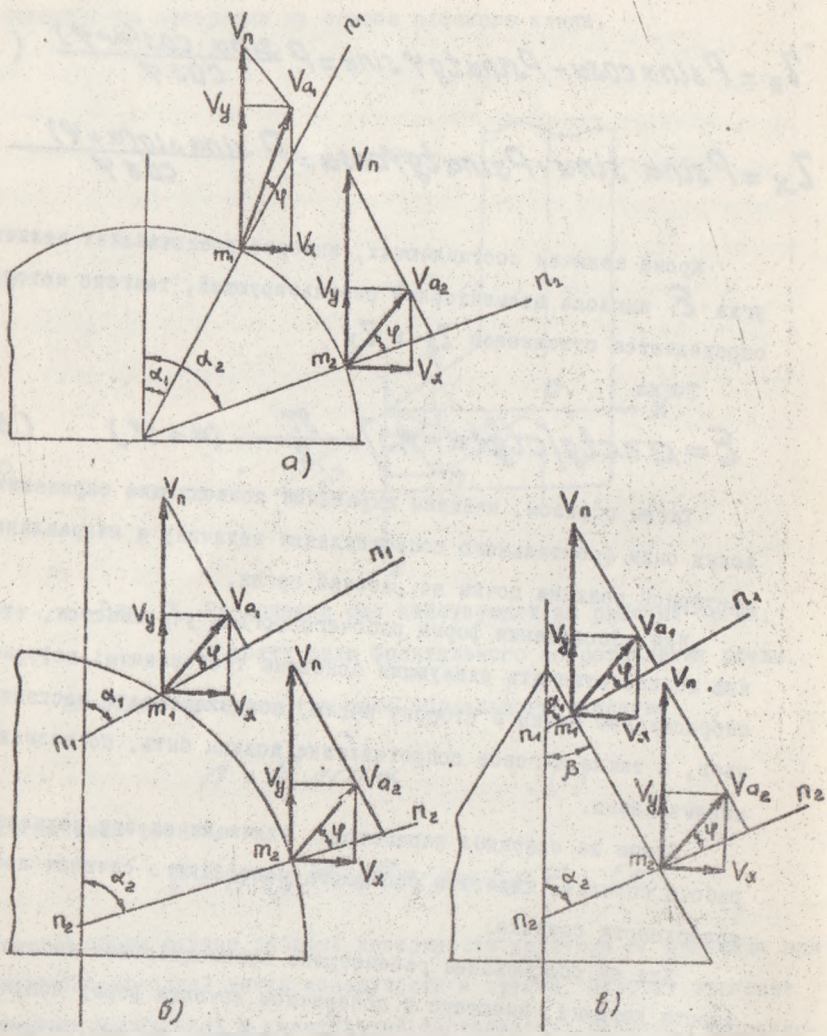


Рис. 4.3. Схема скоростей при взаимодействии частицы почвы с лобовой поверхностью сошника различной формы: а - полукруглой; б - полуэллиптической; в - двух-гранного клина.

Абсолютная скорость  $V_{\alpha_i}$  частицы  $m_i$  при  $\alpha_i \neq \varphi$  определяется из равенства (рис. 4)

$$V_{\alpha_i} = V_n \frac{\cos \alpha_i}{\cos \varphi} \quad (5)$$

где  $V_{\alpha_i}$  - абсолютная скорость  $i$ -ой частицы;

$V_n$  - поступательная скорость сошника;

$\alpha_i$  - угол между нормалью к соответствующей лобовой поверхности в  $i$ -ой точке и направлением поступательной скорости.

Анализ формулы (6) показывает, что по мере удаления точки контакта частицы почвы от продольной оси сечения сошника (с увеличением угла  $\alpha_i$ ) абсолютная скорость отбрасывания частицы уменьшается и в максимально удаленной точке равна нулю.

Абсолютную скорость частицы почвы можно разложить на две составляющие: по направлению движения агрегата  $V_{x_0}$  и перпендикулярно к нему, т.е. направленную в сторону рядка  $V_{y_0}$ . От последней в основном зависит дальность бокового отбрасывания почвы. Боковая составляющая абсолютной скорости определяется из равенства (рис. 4)

$$V_{x_0} = V_n \cos^2 \alpha_i (\operatorname{tg} \alpha_i - \operatorname{tg} \varphi) \quad (7)$$

Формула (7) справедлива при  $\varphi < \alpha < \frac{\pi}{2}$  так как при  $\alpha = \varphi$  - движения в сторону не будет, практически почва сгруживается перед сошником, при  $\alpha = \frac{\pi}{2}$  клин превращается в лезвие или толщина сошника будет бесконечно малой (или длина его бесконечно большой).

Для определения максимального значения боковой составляющей абсолютной скорости, равенство (7) исследуем на экстремум. Для этого приравняем нулю первую производную от  $V_{x_0}$  по  $\alpha_i$

$$(V_{x_0})'_{\alpha_i} = V_n [1 - 2 \cos \alpha_i \sin \alpha_i (\operatorname{tg} \alpha_i - \operatorname{tg} \varphi)] = 0 \quad (8)$$

здесь  $V_n \neq 0$ , поэтому

$$1 - 2 \cos \alpha_i \sin \alpha_i (\operatorname{tg} \alpha_i - \operatorname{tg} \varphi) = 0 \quad (9)$$

После преобразования получим

$$\cos(2\alpha_i - \varphi) = 0 \quad (10)$$

Отсюда

$$2\alpha_i - \varphi = \frac{\pi}{2} + K\pi \quad (11)$$

Так как мы рассматриваем изменение скорости в интервале  $[0; \frac{\pi}{2}]$  равенство (II) можно написать как

$$\alpha_i = \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \quad (12)$$

Отсюда можно сделать вывод, что при  $\alpha_i = \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}$  боковая составляющая абсолютной скорости будет максимальной, т.е. боковое отбрасывание почвы сошником будет наибольшим.

Для определения дальности бокового отбрасывания почвы рассмотрено движение частицы почвы, лежащей на поверхности поля, при воздействии лобовой поверхности сошника в сторону, перпендикулярную к направлению движения сошника, что выражается формулой (I3):

$$L = \frac{V_n^2 \cos^2 \alpha_i (\operatorname{tg} \alpha_i - \operatorname{tg} \varphi)^2}{2 f' g} \quad (13)$$

или формулой:

$$L = \frac{V_n^2 \sin^2 \beta (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{tg} \varphi)^2}{2 f' g} \quad (14)$$

где  $f'$  - коэффициент трения почвы о почву;

$\beta$  - угол заострения лобовой части сошника, град.

Из уравнения (I4) видно, что дальность бокового отбрасывания

частиц почвы прямо пропорциональна квадрату поступательной скорости и зависит от угла заострения  $\beta$  и физико-механических свойств почвы ( $f'$  и  $\varphi$ ).

Отсюда получается, что при меньших углах заострения двугранного клина лальность бокового отбрасывания почвы, находящейся на лобовой поверхности рабочего органа меньше по сравнению с другими формами лобовых поверхностей.

В нашем случае условия работы экспериментального рабочего органа несколько отличаются от условий работы серийных. Экспериментальные рабочие органы предназначены для внесения удобрений до 22 см, тогда как серийные сошники могут вносить удобрения на глубину 14...16 см.

На основе изложенного можно сделать вывод о том, что оптимальные углы заострения лобовой части рабочего органа должны быть в пределах  $20^{\circ}$ ... $26^{\circ}$ .

Теоретически обосновано, что тяговое сопротивление рабочего органа зависит от толщины его режущей кромки, угла заострения лобовой поверхности и трубопроводной части, угла вхождения в почву и физико-механических свойств почвы.

В пятой главе представлена программа и методика теоретических и экспериментальных исследований, планирование эксперимента для исследования процесса очагового внесения жидких органических удобрений в садах и экспериментальное исследование динамических нагрузок.

Программой исследований предусмотрено:

- Установление эффективности технологии и технических средств и исследование нового устройства для очагового внесения жидких органических удобрений в интенсивных садах.
- Установление величины заглубления рабочих органов в почву.
- Измерение расстояния между очагами в продольном и попереч-

ном направлении междурядья.

- Определение количества внесенной в очаг жижи.

- Установление часовой и дневной производительности агрегата.

- Установление качества очагового внесения ГОУ в садах и его равномерного распределения в очагах.

- Установление тягового сопротивления агрегата.

- Определение экономической эффективности от применения нового агрегата для очагового внесения ГОУ в садах.

Для исследования энергетических показателей экспериментального агрегата выбрана методика тензометрического исследования машин, разработанная ВИМ-ом. В качестве регистрирующих приборов использовался осциллограф Н-700.

С целью обработки результатов регистрации процесса (приходящие нагрузки на три тяги навески трактора, и усилие на перекачивание полной и пустой цистерны), применялся прибор ВИСХОМ-а ПОБД-12, который позволил обработать осциллограммы методом амплитудной классификации дискретных (т.е. квантованных по времени) значений изменяемых величин.

Параметром оптимизации была выбрана безразмерная величина  $\lambda$ , которая отражает качество выполненного технологического процесса

$$\lambda = \frac{b_1}{b_2};$$
  $b_1$  - максимальная ширина ямы,  $b_2$  - максимальная длина ямы.

В качестве переменных факторов были выбраны следующие величины:

$X_1$  - скорость движения агрегата ( $V$ );

$X_2$  - высота рабочего органа ( $H$ );

$X_3$  - передаточное число ( $Z$ );

$X_4$  - площадь поперечного сечения приемной части рабочего органа и накопителя ( $F$ ).

На основе этих факторов был спланирован полный факторный эксперимент типа  $2^4$ .

Для исследования была выбрана математическая модель с учетом двойных взаимодействий факторов.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{14} X_1 X_4 + \beta_{23} X_2 X_3 + \beta_{24} X_2 X_4 + \beta_{34} X_3 X_4 \quad (15)$$

За основной нулевой уровень были взяты следующие значения факторов, которые соответствуют наилучшим показателям, полученным при ранее проведенным лабораторно-полевым испытаниям:

$$\bar{X}_{10} = 1,14 \text{ (V, м/сек)}; \quad \bar{X}_{20} = 0,33 \text{ (Н, м)}; \\ \bar{X}_{30} = 0,2 \text{ (г)}; \quad \bar{X}_{40} = 0,0339 \text{ (А, м}^2\text{)}$$

Были приняты следующие области определения факторов

$$\bar{X}_1 = 0,08 \dots 2,2; \quad \bar{X}_2 = 0,15 \dots 0,5 \\ \bar{X}_3 = 0,1 \dots 0,3; \quad \bar{X}_4 = 0,0118 \dots 0,0560$$

Интервалы варьирования:

$$J_1 = 1,06; \quad J_2 = 0,17; \quad J_3 = 0,1; \quad J_4 = 0,0221.$$

На основе известных методов было установлено число повторностей опытов  $r = 2$ .

Достоверность результатов проведенных опытов после обработки экспериментальных данных была проверена критерием Стьюдента

$$t_{\text{факт}} \geq t_{\text{крит}}$$

и однородность дисперсии - критерием Фишера

$$F_{\text{факт}} < F_{\text{крит}}$$

В уравнении (15) коэффициенты  $\beta_0$  и  $\beta_i$  рассчитывались с помо-

цью формул:

$$b_0 = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N}; \quad b_i = \frac{\sum_{i=1}^N y_i X_{ij}}{N} \quad (16)$$

После определения коэффициентов:

$$b_0 = 0,5995; \quad b_1 = 0,15025; \quad b_2 = -0,039875; \quad b_3 = 0,081875; \\ b_4 = 0,0290; \quad b_{12} = -0,014625; \quad b_{13} = -0,009625; \\ b_{14} = -0,00325; \quad b_{23} = -0,0130; \quad b_{24} = +0,005125; \quad b_{34} = 0,019875.$$

После проверки коэффициентов на значимость уравнение (15)

примет вид:

$$Y = 0,5995 - 0,15025 X_1 - 0,039875 X_2 + 0,081875 X_3 + \\ + 0,0290 X_4 - 0,014625 X_1 X_2 - 0,009625 X_1 X_3 - \\ - 0,00325 X_1 X_4 - 0,0130 X_2 X_3 + 0,005125 X_2 X_4 + \\ + 0,019875 X_3 X_4; \quad (17)$$

Данное уравнение удовлетворяет условиям адекватности.

В результате раскопирования уравнений регрессии (17) получена расчетная формула для безразмерной величины  $\lambda$ , выражающую качество выполненного технологического процесса.

$$Y = 0,6008353 - 0,0921242 V - 0,0353357 H + 0,8628780 Z - \\ - 0,0000779 F - 0,0811394 VH - 0,090801 VZ - \\ - 0,0000138 VF - 0,764705 HZ + 0,0001364 HF + \\ + 0,0008993 ZF. \quad (18)$$

Достижение оптимума или области оптимума осуществляется по методу круглого восхождения.

В дивалтатом опыте было видно, что при сочетании факторов

$$V = 0,74 \text{ м/с}, H = 0,29 \text{ м}, Z = 0,24, F = 0,0739 \text{ м}^2 -$$

-получаем максимально круглую форму очага.

Далее приводится экспериментальное исследование динамических нагрузок, приходящих на навеску трактора и усилия на перекачивание полной и пустой цистерны агрегата. Обработка экспериментов по записи проводилась по методу математической статистики, поскольку в эксплуатационных условиях нагрузки на тягах навески трактора и усилия на перекачивание имеют случайный характер.

На рис. 5, в виде примера приведен результат обработки экспериментальных данных взятых из осциллограммической записи изучаемых величин для правой тяги навески трактора, в установившемся режиме работы. В совмещенном виде даются следующие графики:  $f^*$  - гистограмма распределения,  $F^*$  - экспериментальная функция распределения,  $f$  - теоретический закон распределения,  $F$  - теоретическая функция распределения.

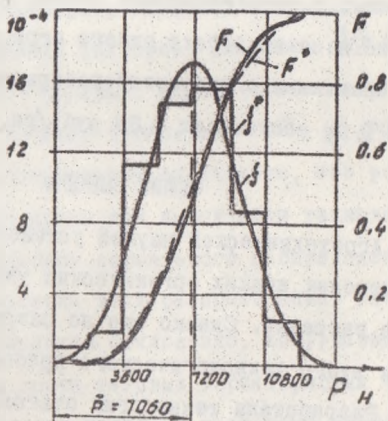


Рис. 5. Закон распределения усилий на правой тяге навески трактора во время установившегося режима работы.

Приведенные экспериментальные результаты являются исходными данными выбора класса трактора для агрегата.

Приходящая нагрузка на навеску трактора  $P_{устр} = 8037 \text{ Н}$ .

Для перекачивания полной цистерны необходима сила

$P_{пол.ц} = 3340 \text{ Н}$ , что в сумме составляет:

$$P_{агр} = P_{устр} + P_{пол.ц} = (8037 + 3340) \text{ Н} = 11377 \text{ Н}$$

Такое усилие должен развивать трактор для совершения технологического процесса по очаговому внесению жидких органических удобрений.

В шестой главе приведен расчет экономической эффективности нового экспериментального агрегата.

Для определения экономической эффективности нового агрегата предусматривался расчет затрат труда, заработной платы обслуживающего персонала, затраты на капитальный, текущий и плановый ремонт, прямых эксплуатационных затрат и др.

Экономический эффект одного агрегата составляет 2810 руб. в год в сравнении с цистерной-разбрасывателем РЖТ-4М, что в пересчете на 1 га составляет 5,83 руб./га.

#### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Агротехнической наукой установлено, что прогрессивным методом внесения жидких органических удобрений (ЖОУ) является их очаговое внесение. Однако еще не разработан рабочий орган для выподнения этого технологического процесса в интенсивных садах.

2. Разработана технология очагового внесения ЖОУ, которая предусматривает открытие борозды в разрыхленной почве, образование лунки и одновременно подачу необходимой дозы ЖОУ в нее, без остановки агрегата.

3. На уровне изобретения разработан рабочий орган - бороздо-

открыватель, верхняя часть которого представляет собой накопитель ЖОУ. Подача накопленного ЖОУ в образованную лунку осуществляется периодически, определенным шагом, через механизм, приводящегося в движение от опорного колеса устройства.

4. Разработана методика для предварительного теоретического расчета рациональных геометрических, кинематических и силовых параметров рабочего органа. Установлено, что оптимальные углы заострения лобовой части бороздооткрывателя и трубопроводящей части находятся в пределах  $20^{\circ} \dots 26^{\circ}$ . Установлена функциональная зависимость тягового сопротивления рабочего органа от толщины режущей кромки, угла заострения и входения бороздооткрывателя, а также скорости агрегата.

5. Методом планирования многофакторных экспериментов выведено рациональное уравнение функциональной зависимости качественных показателей технологического процесса от конструктивных и режимных параметров рабочего органа. Методом крутого восхождения установлено, что по критериям качества оптимальным является следующее сочетание влияющих факторов: скорость  $V = 0,74 \text{ мс}^{-1}$ , высота рабочего органа  $H = 0,29 \text{ м}$ ; передаточное число  $Z = 0,24$ ; площадь поперечного сечения накопителя  $F = 0,0739 \text{ м}^2$ .

6. На основе экспериментов определено, что усилия на тягах навески трактора и на крюке при выполнении технологических процессов подчиняются законам нормального распределения и Вейбулла. Найдены численные значения этих распределений: математическое ожидание, среднеквадратическое отклонение, коэффициент вариации, которые необходимы для роста тяговых характеристик трактора при выполнении технологического процесса очагового внесения ЖОУ в интенсивных садах.

7. Лабораторные и полевые испытания в основном подтвердили результаты теоретических расчетов. Получены следующие агротехни-

ческие показатели выполняемого технологического процесса: глубина заделки жижи 0,21 м; длина жижового очага (лунки) 0,35 м; ширина 0,20 м; расстояние между очагами жижи по ходу агрегата 1,20 м; количество жижи в очагах 10-12 л; время опорожнения накопителя 0,5-0,6 с.

В. Экспериментальный агрегат для очагового внесения БОУ прошел межведомственное испытание и рекомендован для производства малой партией. Ожидаемый экономический эффект от очагового внесения БОУ составляет 5,83 руб. на каждый гектар, что при пересчете на один агрегат за год составляет 2810 руб., по сравнению с серийным РЭТ-4М.

ПО МАТЕРИАЛАМ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ СЛЕДУЮЩИЕ РАБОТЫ

1. Знаем ли мы цену навозной жижи? - ж. "Сакартведос соплис меурнеоба", № 10, 1987 г., с. 22.
2. Агрегат для очагового внесения навозной жижи в садах. Информационный лист, № 81, Груз.НИИТИ, 1988 г.
3. Машина для очагового внесения жидких органических удобрений. ж. "Мецниереба ла техника", № 12, 1988 г., с. 32.
4. Новый агрегат для внесения жидких органических удобрений. - ж. "Сакартведос соплис меурнеоба", № 12, 1989 г., с. 22. (Соавторы: И.С. Кикабилзе, М.И. Шанидзе).
5. Машина для очагового внесения жидких удобрений в почву. - А.с. № 1591845, Б.И. № 34, 1990 г. (Соавторы: М.И. Шанидзе, И.С. Кикабилзе, Г.Т. Коберидзе).
6. Новая технология и технические средства для очагового внесения навозной жижи в садах. - Тезисы докладов к четвертой областной научной конференции молодых ученых, "Проблема интенсификации современного садоводства", Мичуринск, 1990 г., с. 216.

7. Машина для внесения в почву навозной жижи - ж. "Саловодство и виноградарство", № 7, 1990 г., с. 20.  
(соавторы: И.С. Кичабидзе, В.В. Ломсадзе).
8. Изучение динамики экспериментального агрегата для очагового внесения жидких органических удобрений в почву. - Тезисы докладов к республиканской научной конференции молодых ученых, Тбилиси, 1990 г., с. 21.
9. Установление эксплуатационных показателей агрегата для очагового внесения навозной жижи в плодовых садах. - Сборник научных трудов Груз.НИИМЭСХ, 1990 г., с.
10. Анализ возможных вариантов и изыскание рациональной схемы рабочего органа для очагового внесения жидких органических удобрений в садах. - Информационный лист № 31, изд. Груз. НИИМТИ, 1990 г.

