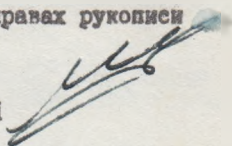


НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ  
"АРМСЕЛЬХОЗМЕХАНИЗАЦИЯ"

На правах рукописи

МОВСЕСЯН ПЕТР МОВСЕСОВИЧ



РАЗРАБОТКА МАЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ  
ТЕРРАСИРОВАНИЯ СКЛОНОВ ПОД ВИНОГРАДНИ-  
КИ И ОБОСНОВАНИЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ МАШИН

Специальность 05.20.01 - механизация сельско-  
хозяйственного производства

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

01. 13562.

ЕРЕВАН - 1992

Работа выполнена в Азербайджанском научно-исследовательском институте механизации и электрофикации сельского хозяйства и в Армянском сельскохозяйственном институте.

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор Григорян Ш.М.

Официальные оппоненты - доктор технических наук, старший научный сотрудник Агаджанян К.А.

- кандидат технических наук  
Мелконян А.А.

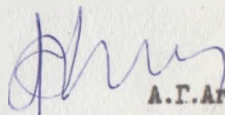
Ведущее предприятие - Армянская Государственная МИС.

Защита диссертации состоится "27" сентября 1992 г. в 19 час. 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, Наирский район, поселок Прошян, НПО "Армсельхозмеханизация".

С диссертационной работой можно ознакомиться в библиотеке объединения.

Автореферат разослан "16" марта 1992 г.

Ученый секретарь  
специализированного совета,  
кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник



А.Г. Агаджанян

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В условиях Республики Армения сооружение террас имеет исключительное значение в целях борьбы с водной эрозией почв, тем более что 50-60% ее территории находится на склонах, подверженных эрозионным процессам.

Проблема механизации горного земледелия неотделима от проблемы предотвращения водной эрозии почв, приносящей ежегодно огромные потери сельскому хозяйству.

Проблема рационального использования земель и повышения их продуктивности, вовлечение в сельскохозяйственное производство больших площадей ныне пустующих земель - задача сегодняшнего дня. Наиболее значительным резервом в этом аспекте являются склоны, которые располагаются в горных районах. Так, в Республике Армения горные массивы занимают 84% всей территории. На склонах крутизной свыше 12° производится террасирование.

Вместе с тем технологии и современные технические средства для сооружения террас обладают целым рядом недостатков технологического и конструктивного характера.

Из изложенного следует, что исследования, посвященные совершенствованию технологии сооружения террас с целью его возможно полной механизации с помощью энергосберегающих технических средств при повышении качества работы, обоснованию способа строительства террас и разработке конструкции бульдозерного террасера являются актуальными и имеют как научное, так и большое практическое значение.

Цель и задачи исследования. Целью настоящей работы является исследование технологического процесса сооружения ступенчатых террас, обоснование технологической схемы и основных параметров разработанных рабочих органов бульдозерного террасера.

В соответствии с поставленной целью, выдвинуты следующие задачи исследования:

- выявление основных перспективных направлений по совершенствованию технологического процесса сооружения ступенчатых террас;

- разработка технологической схемы, выбор и обоснование

конструктивных параметров бульдозерного террасера;

- исследование энергетических и эксплуатационных факторов технологического процесса сооружения террас;

- экспериментальные исследования по уточнению результатов теоретических исследований и обоснованию оптимальных конструктивных параметров и режимов работы бульдозерного террасера;

- проведение хозяйственных испытаний экспериментального образца с целью установления его экономической эффективности.

Объекты и место исследований. При разработке и обосновании параметров рабочего органа бульдозерного террасера, объектами исследований являлись:

- экспериментальный образец бульдозерного террасера с клиновидными рыхлительными зубьями по А.С.1375744;

- серийный бульдозер марки Д-607.

Исследования и производственные испытания проводились в опытном хозяйстве Закавказской Государственной МТС на полях села Геташен Азербайджанской республики и в лесном хозяйстве Иджеванского района Армении.

Методика исследований. Разработка и обоснование параметров рабочего органа бульдозерного террасера были проведены на основе теоретических и экспериментальных исследований с учетом агротехнических, конструктивных и энергетических показателей изучаемого процесса.

Теоретические исследования были проведены с использованием положений математического анализа, аналитической геометрии и теоретической механики. В экспериментальных исследованиях применены различные современные методы и средства измерений. Обработка и анализ результатов опытных данных проводились методами математической статистики и планирования эксперимента с использованием ЭВМ "Наири-3".

Научная новизна. На основании проведенных теоретических исследований разработана конструкция бульдозерного террасера; обоснованы параметры и конструкции ковша, зубьев; установлены параметры полстна террас и режим работы террасера.

Экспериментальным путем подтверждена достоверность теоретических разработок.

Новизна конструктивных решений бульдозерного террасера защищена авторским свидетельством I375744.

Реализация результатов исследований. По результатам исследований в Закавказской Государственной МИС и Армянском сельскохозяйственном институте спроектированы и изготовлены экспериментальные образцы бульдозерного террасера и которые прошли широкие хозяйственные испытания, подтвердившими работоспособность агрегата.

Результаты исследований приняты к использованию НПО "Грузсельхозмаш" при разработке почвообрабатывающей техники по номенклатуре объединения.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на техническом совете Закавказской МИС, на заседаниях кафедре сельскохозяйственных машин АрыСХИ и в НПО "Армсельхозмеханизация" в период 1987-1992 гг.

Публикация результатов исследований. Основное содержание диссертационной работы опубликовано в трех научных статьях и одном авторском свидетельстве.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов и предложений, библиографии из <sup>104</sup>наименований, из которых 3 на иностранных языках.

Работа изложена на 130 страницах машинописного текста и содержит 47 рисунков, 12 таблиц 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 сооружения ступенчатых террас, проведен анализ существующих методов террасирования, приведены технологи-

ческие схемы выполнения этой операции и классификация технических средств по способам выполнения технологического процесса сооружения террас, типу рабочих органов. Сформулированы цель и задачи исследований.

На склонах крутизной 8–20° широко распространено строительство ступенчатых террас, которые представляют собой площадки различной ширины, расположенные на склонах в виде ступеней.

Практика строительства ступенчатых террас предполагает несколько их типов:

- простые ступенчатые;
- ступенчатые с полотном;
- покрытие гумусированной почвой;
- ступенчатые террасы с валами.

Сооружение ступенчатых террас позволит освоить новые земли преимущественно в южных районах страны с одновременным увеличением урожайности и качества возделываемых культур. Поэтому при освоении склонов крутизной более 10° наиболее широкое распространение в мировой практике получило строительство ступенчатых террас.

Имеется ряд исследований, посвященных определению оптимальных параметров ступенчатых террас: ширины полотна, угла насапного откоса, направления поперечного наклона полотна террасы и др.

Строительство ступенчатых террас в настоящее время в основном ведется с помощью универсальных бульдозеров Д-259, Д-492А, Д-493А, Д-607. Это объясняется более высокими технико-эксплуатационными показателями бульдозеров по сравнению с другими машинами.

Передняя навеска отвала, возможность его установки не только перпендикулярно, но и под острым углом к направлению движения, поперечный наклон 5–6° вправо или влево от него делают агрегат маневренным, устойчивым, работу более качественной и экономически выгодной.

К недостаткам бульдозеров при террасировании склонов можно отнести:

- отсутствие ограничителя глубины хода, способствующее ступенчатости поверхности полотна террасы;
- необходимость в проведении дополнительных работ по opravке и планировке;
- несимметричное распределение нагрузки по ширине отвала, вызывающее поворачивающий момент бульдозера и отклоняющее его от заданного направления движения;
- образование неровностей на поверхности выемочного откоса;
- утомляемость бульдозериста ввиду большого числа воздействий на рычаги управления.

Проведенный анализ литературы позволяет прийти к заключению: террасирование выполняется различными способами в зависимости от крутизны склонов. Ступенчатые террасы можно сооружать на крутых склонах специальными землеройными машинами (универсальный бульдозер, террасер) с рабочими органами пассивного и активного действия. Машины для террасирования склонов с пассивными рабочими органами имеют ряд преимуществ - простота конструкции и обслуживания, надежность в работе, меньшая энергоемкость, возможность сооружения террас на склонах с каменистыми включениями. Их недостатками являются постоянный уход трактора от заданного направления движения и низкое качество полотна террасы, обусловленные несовершенством конструкции ограничителя глубины хода рабочего органа.

Во второй главе работы приведены вопросы обоснования параметров рабочих и вспомогательных органов террасера.

Механизм навески бульдозерного террасера выполняет две функции: приводит отвал в перпендикулярное к направлению движения положение для перемещения грунта и наклоняет по мере необходимости отвал влево или вправо для перемещения грунта в сторону (рис. I).

Для строительства террас целесообразно применять схему, представленную на рис. I, позволяющую одним проходом отвала разрезать грунт и перемещать его вниз по склону.

Механизм навески бульдозерного террасера - четырехзвенный с двумя гидроцилиндрами, позволяющий наклонять отвал в ту или

другую сторону. Одним звеном четырехзвенника является отвал  $AB$ , другим опорным - трактор. Математические соотношения между параметрами четырехзвенника описываются выражениями:

$$\begin{cases} a^2 + z_2^2 - 2az_2 \cos \beta_0 = d^2 + z_1^2 - 2dz_1 \cos \delta \\ a^2 + z_1^2 - 2az_1 \cos \alpha_0 = d^2 + z_2^2 - 2dz_2 \cos \gamma_0 \end{cases} \quad (I)$$

$$z_1 = z_2 = z$$

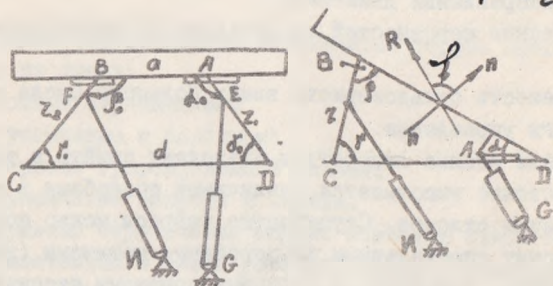


Рис. I. Схема к составлению математической зависимости параметров четырехзвенника террасера.

Предельное значение  $z$  определяется из условия, когда стойки механизма перпендикулярны, т.е.  $\gamma = 90^\circ$  тогда:

$$z = a \sin \alpha = a \sin \varphi \quad (2)$$

$$a = \frac{d}{\sin \alpha + \cos \gamma} \quad (3)$$

Отметим, что если изменение угла трения  $\varphi$  при различных состояниях почвы происходит в пределах  $20 \dots 40^\circ$ , то нетрудно определить рост величины звена "a" в зависимости от роста

угла  $\alpha$ . Он составляет всего  $0,07\alpha$ , т.е. величина "а" изменяется в пределах  $(0,71 \dots 0,78)\alpha$ .

Качество технологического процесса строительства террас непосредственно связано с устойчивостью хода и управляемостью террасера, т.е. способностью следовать заданному направлению движения. На устойчивость движения агрегата при строительстве террас влияют способ движения агрегата, соотношения параметров звеньев механизма навески, конструкция машины, силы действующие на рабочие органы в зависимости от крутизны склона и механического состава почвы.

От устойчивости работы террасера зависит управляемость - способность следовать заданному направлению движения без вмешательства извне.

При прямом срезе почвы террасер по ширине захвата  $B_p$  работает значительно меньше полной ширины  $B_p \leq B$ . При этом величина  $B_p$  зависит от угла склона  $\alpha$  и максимальной глубины хода  $h_1$  отвала  $B_p = h_1 + ctg \alpha$ .  $B_p$  - рабочая ширина  $B_{с25}$

В связи с изложенным, нагрузка на отвал распределяется неравномерно, достигая максимума в точке А и минимума в точке В. Нетрудно заметить, что реакция  $R_n$  на отвале будет действовать на расстоянии  $1/3 B_p$  от точки "А".

Таким образом при прямом срезе почвы под воздействием реакции  $R_n = \frac{R_n^h}{2} ctg \alpha$  возникает поворачивающий агрегат момент  $M_{R_n}$ , которому противодействует момент  $M_T$  от сил трения перемещения агрегата.

Для устойчивой работы агрегата необходимо условие

$$R_n \left( \frac{B}{2} - \frac{1}{3} h_1 ctg \alpha \right) \leq \frac{1}{2} f G_a B_T$$

где  $B_T$  - ширина трактора;  $G_a$  - вес агрегата;  $f$  - обобщенный коэффициент трения и сцепления ходовой части трактора о почву.

Учитывая выражение  $h_1 = \sqrt{ctg \alpha}$  и значение  $R_n$  последнее неравенство преобразуется в следующий вид:

$$\frac{1}{2} R_n \left( \frac{B}{2} - \frac{1}{3} \sqrt{ctg \alpha} \right) \leq \frac{1}{2} f G_a B_T \quad (4)$$

Подставляя значения: КПД  $\eta_{\text{ин}} = 0,85$ , скорости агрегата  $V = 0,97-1,14$  м/с, кривковой силы  $R_{\text{кр}} = 3000$  кгс, ширины захвата террасера  $B = 400$  см, угла склона  $\alpha = 25^\circ$  ( $\text{ctg} 25 = 2,2$ ), удельного сопротивления  $R = 1$  кгс/см<sup>2</sup>, коэффициента трения  $f = 1,2$ , веса агрегата  $G_a = 14030$  кгс, ширины колеи  $B_k = 300$  см в выражение (4) получим 2550 кг/см  $\ll 7305$  кг/см.

Анализ выражения (4) показывает, что при работе на крутых склонах резко увеличивается величина поворачивающего агрегат момента, поэтому при работе в таких условиях следует уменьшить глубину хода рабочих органов террасера.

Изменение устойчивости работы террасера при косом срезе существенно отличается от аналогичного при прямом срезе.

При больших значениях угла наклона отвала увеличивается плечо  $L$  (от силы  $R_k$  до центра тяжести агрегата), чем и ухудшается условие устойчивости работы террасера (рис. 20). Проанализируем сущность этого процесса. При косом срезе (рис. 20) неравенство моментов поворачивающего и сопротивления запишется в следующей форме:

$$R_k L \leq f \frac{G_a B_f}{2} \quad (5)$$

Из рис. 2 имеем  $L = l_1 + l_2$  очевидно также что

$$l_1 = f \sin(\alpha - \varphi); \quad l_2 = AE \cos \varphi; \quad AE = \frac{B_f}{2} - \frac{1}{3} \frac{B_a}{\text{ctg} \alpha}$$

Величина  $L$  определяется:

$$L = f \sin(\alpha - \varphi) + \left( \frac{B_f}{2} - \frac{h_a}{3} \cdot \frac{\text{ctg} \alpha \cos \alpha}{\text{ctg} \alpha} \right) \cos \varphi \quad (6)$$

где  $\varphi$  - угол внешнего трения почвы;  $l$  - расстояние от центра тяжести агрегата до отвала. Отвал принимает на себя призму золочения, смещает ее вниз, очищая полотно будущей террасы. На рис. 3 показаны основные параметры рассматриваемой механической системы и силы, действующие на нее. При работе отвала на равнинной местности сила для преодоления сопротивления перемещению призмы золочения определяется следующим выражением:

II

$$R_{кр} = \int_0^{H_{кр}} P_2 (\sin \delta_0 + \text{tg } \varphi \cos \delta_0) dz \quad (7)$$

где  $H_{кр}$  - высота призмы волочения;  $P_2$  - давление на отвал;  
 $R_{кр}$  - сила, приходящаяся на единицу ширины захвата отвала.  
 $\alpha$  - косой срез  $\beta$  - прямой срез

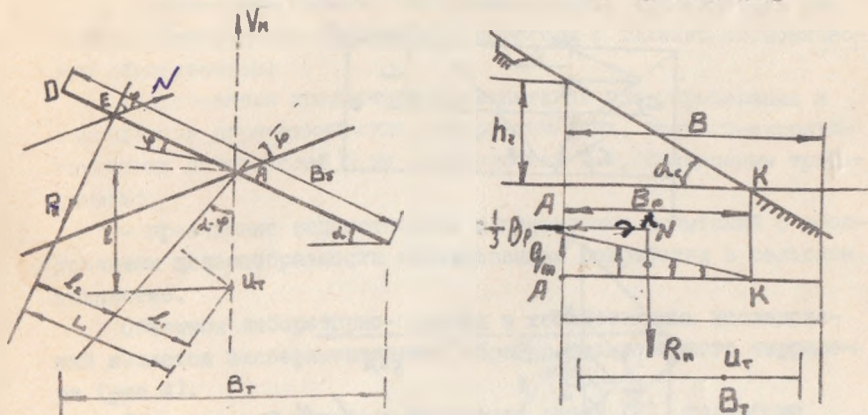


Рис.2. Схема к определению величины поворачивающего агрегат момента при косом срезе грунта.

*б) Сила N для отвала имеет две реакции по отношению к отвалу при прямом срезе.*

При работе отвала на склонах картина сопротивляемости механической системы существенно отличается от вышеизложенной.

Согласно рис.3 имеем:

$$N = \frac{1}{2} P_2 B_0 \frac{h_2}{2} = \frac{1}{4} P_2 h_2^2 \text{ctg } \alpha \sin \delta_0$$

$$N_x = \frac{1}{4} P_2 h_2^2 \text{ctg } \alpha \sin \delta_0 \quad (8)$$

После некоторых преобразований получим

$$K \alpha \text{ctg } (\gamma + \varphi) \geq 0,165 B_0 P_2 \gamma \sin (\alpha - \varphi)$$

Для агрегатирования террасера использован трактор Т-130 МГ-I для которого  $B = 400$  см;  $V = 0,97-1,14$  м/с;  $P_{кр} = 6000$  кгс.

$$\eta = 0,85; \quad K = 1,0 \text{ кгс/см}^2; \quad \alpha = 10 \dots 25^\circ;$$

$$\beta = 25^\circ; \quad B = 250 \text{ см}; \quad \delta = 30^\circ.$$

Угол  $\beta$  раствора рабочих органов нижнего яруса, обеспечивающий устойчивую работу террасера при строительстве террас на склонах  $10 \dots 25^\circ$  должен регулироваться в пределах  $20 \dots 35^\circ$ .

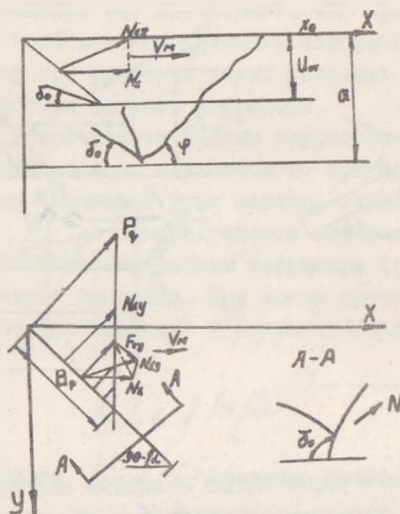


Рис.3. Схема к определению сопротивления перемещению призмы волочения.

В третьей главе диссертации приведены программа и методика экспериментальных исследований бульдозерного террасера.

Целью экспериментальных исследований явилось подтверждение достоверности результатов теоретических исследований по обоснованию конструктивных параметров и режимов работы рабочих органов бульдозерного террасера.

Программой экспериментальных исследований предусматривалось:

- изучение влияния основных параметров рабочих органов и

режимов работы машины на технологические и энергетические показатели выполняемых операций;

- установление влияния крутизны склона, каменистости, влажности и плотности почвы на качество выполнения технологической операции;

- проведение полевых экспериментальных исследований для выбора рациональных параметров террасера с технико-экономическим обоснованием;

- проведение хозяйственных испытаний для определения и обоснования агротехнических, энергетических, технико-эксплуатационных показателей и их соответствия к предъявляемым требованиям;

- проведение ведомственных и приемочных испытаний с обоснованием целесообразности использования разработки в сельском хозяйстве.

Объектом лабораторно-полевых и хозяйственных исследований является экспериментальный образец бульдозерного террасера (рис.4).

Бульдозерный террасер включает: отвал (2), толкающие брусья (1) и клиновидные рыхлительные зубья (4), смонтированные в жестко закрепленные на отвале втулки посредством хвостовиков (5), снабженных рычагами (6) и (7).

Рычаги соединены между собой шарнирно траверсой (8), которая соединена со штоком гидроцилиндра (9), установленного на тыльной стороне отвала. Рычаги (7) хвостовиков (5) крайних зубьев (4) выполнены в виде жестко закрепленных пластин, соединенных посредством предварительно натянутых спиральных пружин со свободными концами (II) траверсы (8). На рычагах (7) с тыльной стороны отвала (2), смонтированы упоры (12), ограничивающие поворот крайних зубьев (4).

Работа агрегата протекает следующим образом: поступательным движением агрегата рабочие органы утаптываются в определенном положении на требуемую глубину обработки.

Установка зубьев (4) бульдозерного террасера производится следующим образом: с помощью гидроцилиндра (9) сдвигается траверса (8) в надгорную сторону склона. При этом сдвигаются рыча-

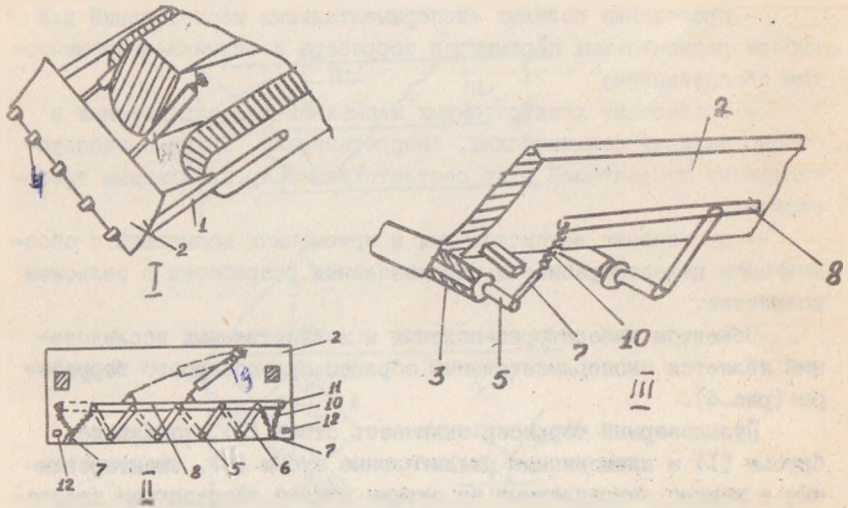


Рис.4. I—общий вид бульдозерного террасера; II—тыльная сторона отвала; III—схема соединения рычагов с траверсой.

ги (6), соединенные шарнирно с траверсой, а вместе с ними хвостовики (5) и зубья (4), рабочие грани которых устанавливаются параллельно склону.

Свободные концы (II) траверсы (8), связанные посредством натянутых пружин (10) с рычагами (7), поворачивают последние, а вместе с ними и рабочие грани крайних зубьев (4). Причем крайний зуб (4), расположенный с подгорной стороны, повернувшись устанавливается под углом установки средних зубьев и в этом положении удерживается натянутой пружиной (10), а крайний зуб (4), расположенный с надгорной стороны, при повороте упирается рычагом (7) своего хвостовика (5) в упор (12) отвала (2) в положении, когда рычаг (7) и лезвие отвала занимают взаимоперпендикулярное положение. Дальнейшее смещение траверсы (8) и ее конца (II) способствует дополнительному затягиванию пружины (10), что приводит к практически жесткой фиксации крайнего надгорного зуба (4).

В таком положении зубья (4) отвала (2) погружаются в грунт производя срезание и перемещение последнего.

У всех зубьев (4), кроме крайнего - надгорного, одна из боковых трещин распространяется в плоскости лезвия отвала (2), отделяя пласт от массива, а у крайнего подгорного зуба (4) боковая надгорная трещина распространяется под углом к плоскости лезвия отвала (2) т.е. происходит срезание и формирование боковой стенки выемочной части. При обратном направлении движения гидроцилиндром (9) сметают траверсу (8) в противоположное положение т.е. в надгорную сторону склону. При этом после смены направления движения у крайнего надгорного зуба сначала имеет место дополнительное натяжение пружины (10), а затем вместе со средними зубьями осуществляется поворот и установка рабочих граней подгорного и средних зубьев против склону, а крайний с надгорной стороны зуб упирается рычагом (7) хвостовика (5) в упор (12), дополнительно натягивая пружину (10). Отвал (2) заглубляется, и процесс повторяется.

Срезание и перемещение почвы происходит следующим образом: при движении в почве заглубленного отвала режущие кромки всех зубьев (4), кроме крайнего - надгорного, располагаются наклон-

но по отношению к ножевой части отвала (2). Рабочие грани срезают почву, уплотняя ее и образуя уплотненное ядро, от бокового перемещения которого образуются трещины в почве. Эти трещины, в частности граничные боковые, расходятся под углом внутреннего трения почвы к нормали поверхности рабочей грани, при этом нижняя граничная трещина распространяется в плоскости среза почвы. Таким образом, распространяясь в плоскости среза почвы, нижние граничные трещины от каждого зуба (4), кроме крайнего надгорного, способствует отделению почвы от массива в нижней горизонтальной плоскости.

Так как режущая кромка крайнего надгорного зуба расположена параллельно к лезвию ножа отвала, срезаемая почва уплотняется и перемещается не в боковую сторону и вверх. В результате такого перемещения граничные боковые трещины расходятся под углом внутреннего трения почвы, в частности, подгорная трещина отделяет почву от массива перемещая к боковой стороне, формируя надгорную боковую стенку откоса. Таким образом зубья (4), срезая и перемещая почву в разных направлениях, практически размещают граничные боковые трещины по всему периметру отделяемой от массива почвы.

Для регистрации необходимых измерений в процессе экспериментов были использованы следующие приборы и инвентарь: шлейфовый осциллограф Н-700, усилитель постоянного тока "Топаз-Б", тензометрические датчики, ртутно-амальгамный проходной токосъемник, геркон, амперметр и вольтметр для наладки датчиков и регистрирующего комплекса, аппаратура типа ЭМА-П, тарировочные стенды, профилограф, почвенный твердомер ПС-60, нивелир, шуп, угломер, креномер, влагомер, тарировочные рейки, прибор для измерения скорости агрегата и аккумуляторный блок питания.

Экспериментальные исследования проводились согласно ОСТ 70.1.2.1-86; ОСТ 7012.2-86; ОСТ 10.2.2-86 на пяти фонах, отличающихся уклоном местности, каменистостью и влажностью.

Крутизна местности и горизонтальность склонов определялись нивелиром. Для определения каменистости были выбраны 5 одинаковых площадок, равноудаленных друг от друга. Почвы на этих площадках были распашаны на глубину 70-80 см с учетом на-

личия камней средним диаметром от 40 до 100 см.

Эксперименты на различных фонах проводились при следующих установочных скоростях работы агрегата: 2,51(0,7); 2,99(0,83); 3,98(0,96); 4,14(1,14) км/ч(м/с).

В процессе опытов фиксировались следующие показатели:

- фактическая глубина хода отвала и изменения угла, образующего рамой отвала с горизонталью;
- площадь поперечного сечения срезаемой почвы, профиль склона до и после прохода бульдозерного террасера;
- скорость агрегата;
- энергетические показатели террасера, определяемые с помощью левого и правого токосемников и герконами на ведущих полусях.

Измерения проводились согласно ОСТ 70.2.2-86. Значения полученных сигналов фиксировались на шлейфе осциллографа Н-700.

Креи рамы террасера в поперечной плоскости, определялся креномером, а угол атаки отвала бульдозерного террасера определялся рычажным потенциомером.

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

Оптимизация конструктивных параметров и режимов работы бульдозерного террасера, базировались на данных экспериментальных исследований по методике, разработанной с учетом статистических методов планирования эксперимента, предусматривающих разработку математической модели изучаемого процесса террасирования.

При разработке рабочего органа необходимо располагать информацией о степени влияния каждого из факторов или их совокупности на качество выполнения технологического процесса террасирования, что позволит решить задачу: какими должен быть рабочий орган, чтобы результаты его работы были бы в минимальной зависимости от воздействий входного фактора.

Одной из задач факторного планирования является поиск математической модели изучаемого процесса. Эта модель служит при-

ближенным функции отклика в части области определения факторов или во всей области.

Общий вид математической модели:

$$P = f(h; B_T; V; L; H; Q; \rho; \beta; \gamma; f; \alpha; \psi) \quad (8)$$

где  $h$  - глубина хода отвала;  $B_T$  - ширина захвата террасера;  $V$  - скорость агрегата;  $Q$  - твердость почвы;  $L$  - длина боковых тяг бульдозерного террасера;  $H$  - высота поднятия отвала;  $\rho$  - объемный вес почвы;  $\beta$  - угол атаки отвала;  $\gamma$  - ускорение силы тяжести;  $f$  - шаг долота;  $\alpha$  - уклон местности;  $\psi$  - давление гусеницы агрегата на почву.

Для определения функции отклика  $Y$ , которая линейно зависит от семи факторов и нелинейно - от их произведений, необходимо иметь 16 коэффициентов для неизвестных уравнений регрессии. Для этого понадобится 16 уравнений, которые можно составить на основании плана полного факторного эксперимента, приведенного в таблице I.

Коэффициенты этих 16 уравнений с шестнадцатью неизвестными были вычислены на ЭВМ "Наир-3".

Полученная система уравнений была решена по стандартной программе:

Функция отклика получена в следующем виде:

$$\begin{aligned} Y_p = & 0,413 \cdot 10^{-4} + 9,23 \cdot 10^{-3} x_1 + 0,327 \cdot 10^{-2} x_2^2 + 4,21 \cdot 10^{-3} x_3 + \\ & + 5,12 \cdot 10^{-4} x_4^2 + 6,2 \cdot 10^{-4} x_1 x_2 + 2,81 \cdot 10^{-3} x_1 x_3 - 0,211 \cdot 10^{-3} x_1 x_4 - \\ & - 2,83 \cdot 10^{-4} x_2 x_3 + 2,1 \cdot 10^{-3} x_2 x_4 + 9,216 \cdot 10^{-3} x_3 x_4 - 0,823 \cdot 10^{-3} x_1 x_2 x_3 + \\ & + 0,24 \cdot 10^{-2} x_5^2 + 0,695 \cdot 10^{-2} x_7 + 0,131 \cdot 10^{-2} x_6 \end{aligned}$$

(9)

Для определения оптимальных значений факторов, минимизирующих функцию отклика  $Y_p$ , использовался градиентный метод, была составлена программа, которая пропусклась через ЭВМ "Наир-3" и исследовалась область изменения функции.

В результате получены минимальные значения функций, при

соответствующих значениях факторов, приведенных в таблице I, которые и являются оптимальными.

Оптимальные значения параметров при различных крутизнах склонов приведены в таблице.

Таблица

Наименование факторов	Едини. измерения	Значения показателей		
		8...9°	13...15°	19...20°
1. Глубина хода отвала	см.	14,2	16,7	18,6
2. Ширина захвата	м	3,82	3,91	4,15
3. Угол атаки отвала	град.	19,6	22,8	24,7
4. Шаг долота	см.	68	57	51
5. Длина боковой тяги	м.	3,46	3,46	3,46
6. Высота отвала	см.	118	128	134
7. Скорость агрегата	м/с	1,33	1,26	0,97

Основными характеристиками энергетической оценки бульдозерного террасера являются: крутящий момент на полусях, потребляемая мощность, сопротивление отвала, поворачивающий агрегат момент.

По результатам экспериментальных исследований можно заключить, что при работе бульдозерного террасера с рыхлыми зубьями при различных углах атаки отвала, тяговое сопротивление уменьшается до 15%.

При увеличении угла атаки отвала тяговое сопротивление уменьшается на 15%, а с увеличением скорости агрегата тяговое сопротивление и его дисперсия увеличивается в 1,3-1,4 раза.

Тяговое сопротивление связано с беспорядочно возникающими воздействиями, особенно при террасировании каменистых склонов при различных крутизнах и влажностях почвы.

С увеличением каменистости почвы от 25 м<sup>3</sup>/га до 63,6 м<sup>3</sup>/га, тяговое сопротивление увеличивается в 1,3-1,4 раза.

На рис.5 приведено изменение разности  $\Delta R$  тягового сопротивления на тягах от угла атаки отвала. Из графиков видно, что с увеличением угла атаки до  $\beta = 25^\circ$  отрицательное воздействие

поворачивающего момента уменьшается, что особенно заметно при работе на склонах с большой крутизной.

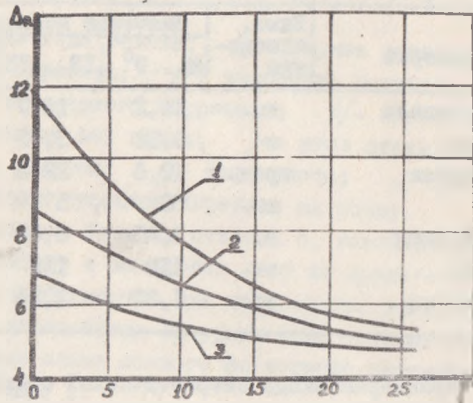


Рис.5. Изменение  $\Delta R$  в зависимости от угла атаки  $\mu$  отвала при крутизнах: 1 -  $\alpha = 10-12^\circ$ , 2 -  $\alpha = 16-17^\circ$ , 3 -  $\alpha = 22-24^\circ$ .

Факторы внешней среды характеризуются ярко выраженной вероятностной природой, в связи с чем все технологические параметры, связанные с условиями работы агрегата, относятся к категории случайных.

Интервал дискретизации факторов рекомендуется выбрать так, чтобы при переходе в следующий класс изменение показателей эффективности было значительно меньше агротехнического допущения.

Технологическая эффективность террасера определяется средним и предельно-достигшим уровнем основных агротехнических показателей: устойчивостью и надежностью выполнения рабочего процесса, а также степенью соответствия получаемых результатов действующим стандартам.

Точность и устойчивость работы террасера в связи со спецификой выполняемых или технологических операций является определяющим критерием качества.

Задача оценки точности и устойчивости сводится к определению статистических характеристик выходных координат рабочих органов, установлению показателей их динамических свойств при известных характеристиках входных воздействий и их сравнению с агротехническими требованиями.

С достаточной для практических целей точностью в качестве меры устойчивости можно использовать коэффициент

$$\sigma_T = \frac{B_T \cos \mu}{B_n} \quad (10)$$

где  $B_T$  - ширина захвата террасера;  $\mu$  - угол атаки отвала;  $B_n$  - ширина полотна террас.

Устойчивость агрегата удовлетворительна при  $\sigma_T \rightarrow 1$ .

Установлено, что с увеличением скорости бульдозерного террасера на склонах крутизной до 20° уменьшается на 2-3%. С увеличением угла атаки отвала устойчивый характер приобретает ширина полотна террас, а наилучшее качество работы обеспечивается при угле атаки  $\mu = 25^\circ$ .

По агротехническим требованиям бульдозерного террасера отклонения полотна террасы от горизонтали должны быть не более  $\varphi \pm 1,5^\circ$  с чередованием положительных и отрицательных отклонений вдоль полотна террас.

Особенно важной является оценка устойчивости движения агрегата при работе на склонах, что прямо влияет на качество полотна террас т.е. на величину  $\varphi$  и на характер ее изменения.

Устойчивость движения достаточно характеризуется отклонением математического ожидания и его статистических характеристик  $\Delta_n$  - симметричной линии полотна от горизонталей.

Результаты опытов, определяющих зависимости устойчивости движения от скорости агрегата при различных углах атаки отвала и условий работы, приведены на рис.6 и 7.

Из рис.6 видно, что с увеличением скорости бульдозерного агрегата от 0,7 м/с до 1,14 м/с отклонения полотна террас от горизонталей склонов увеличивается, что видно по увеличению показателя  $\Delta_n$  в 1,4...1,5 раза.

На рис.7 приведены кривые изменения угла  $\varphi$  и показателя  $\Delta_n$  в зависимости от угла атаки отвала при скорости  $V = 0,93$  м/с.

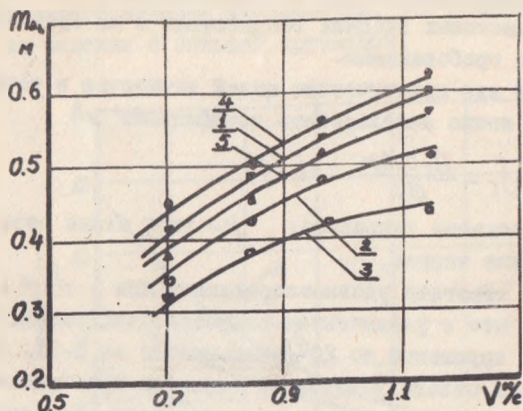


Рис. 6. Зависимости математического ожидания  $M_{\Delta n}$  показателя  $\Delta n$  от скорости бульдозерного террасера при работе на различных крутизнах склона.

1.  $\alpha = 10-11^\circ$  2.  $\alpha = 16-17^\circ$  3.  $\alpha = 21-24^\circ$   
 $\Omega = 25-26 \text{ м}^3/\text{га}$   $W = 14-16\%$   $h = 13-14$   
 4.  $\alpha = 16-17^\circ$  ( $\Omega = 63,6 \text{ м}^3/\text{га}$   $W = 14-16\%$   $h = 13-14 \text{ см}$ )  
 5.  $\alpha = 16-17^\circ$  ( $\Omega = 25-26 \text{ м}^3/\text{га}$   $W = 20,4\%$   $h = 13-14 \text{ см}$ )

Из рисунка видно, что качественные террасы получаются при углах атаки  $\beta = 25^\circ$  и показателе  $\Delta n = 0,5$ .

По характеру изменения кривых угла  $\beta$  видно, что качественная работа агрегата согласно требованиям агротехники достигается при  $\varphi = 1,5^\circ$ .

Вместе с тем, в связи с усложнением конструкции агрегата, расширением числа и диапазона регулировок скоростных и нагрузочных режимов, а также в связи с изменчивостью условий работы обеспечение высокого качества процесса на основе только субъективных визуальных оценок невозможно. Настройка машин и специально организованный контроль качества с обратной связью и управлением является одним из основных факторов повышения технологической эффективности бульдозерного террасера. Чувствительность процесса террасирования в общем случае можно оценить математичес-

ким ожиданием и дисперсией величиной неровностей  $\Delta h$ .

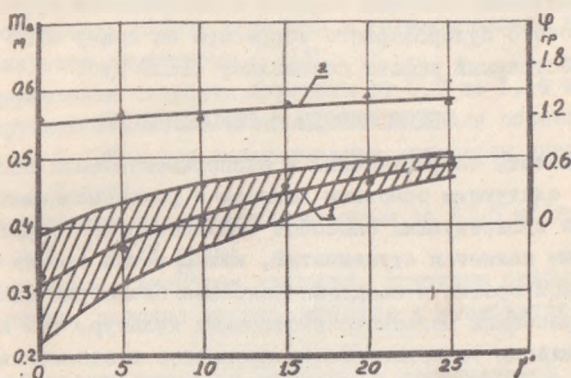


Рис. 7. Зависимости математического ожидания  $m_d$  и его доверительных интервалов (с доверительной вероятностью 0,97) угла полотна с горизонтальными местностями от угла атаки отвала при ( $\Omega = 25-26 \text{ м}^3/\text{га}$ ,  $V = 0,93 \text{ м/сек}$ ,  $h = 13-14 \text{ см}$ ,  $W = 14-16\%$ ).

Чувствительность к возмущениям характеризует динамическую точность рабочих органов, а также динамическую точность агрегата в целом.

Установлено, что с увеличением скорости агрегата неровности увеличиваются. Так, к примеру, с увеличением скорости агрегата от 0,7 до 1,14 м/сек неровности увеличиваются в 1,25 раза, а с увеличением крутизны склона на 5...10%, а на каменистых почвах ( $63,6 \text{ м}^3/\text{га}$ ) неровности увеличиваются на 20%.

На качество полотна террас большое влияние оказывает также угол атаки отвала. Так при работе с большим углом атаки  $\beta = 25^\circ$  неровности уменьшаются на 30...40%.

Производительность опытного образца бульдозерного террасера в 1,27 раза выше производительности бульдозера Д-607. Это привело к снижению затрат на эксплуатацию новой машины почти

во столько же раз. Балансовая стоимость нового террасера и Д-607 почти одинаковы.

В результате получен годовой экономический эффект от применения нового бульдозерного террасера на сумму 4190 руб. Народнохозяйственный эффект составляет 11639 руб.

### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Результаты теоретических и экспериментальных исследований привели к следующим основным выводам и рекомендациям:

1. Из существующих способов строительства террас наиболее эффективным является ступенчатый, как с точки зрения предотвращения водной эрозии и создания наиболее благоприятных условий для произрастания сельскохозяйственных культур, так и дальнейшей механизации технологических процессов возделывания культур.

2. Анализ научно-технической и патентной литературы показал, что из существующих у нас и за рубежом технических средств для сооружения террас, наиболее приемлемыми являются универсальные бульдозеры. Между тем существующие универсальные бульдозеры имеют ряд недостатков как конструктивного, так и технологического характера.

3. В результате аналитико-экспериментальных исследований разработана новая конструкция бульдозерного террасера.

С помощью многофакторного анализа определены оптимальные параметры и режимы его работы: глубина хода отвала ( $h = 14...18$  см), ширина захвата его ( $B_r = 3,8...4,15$  м), угол атаки отвала ( $\beta = 19,6...24,7^\circ$ ), шаг долота ( $H = 118...134$  см), скорость агрегата ( $V = 0,97...1,33$  м/с).

4. Анализ энергетических показателей работы агрегата показал, что:

- влияние минимальных и максимальных уровней на тяговое усилие трактора значительно и составляет 27-40%;
- дисперсия тягового сопротивления с увеличением скорости агрегата от  $V = 0,7$  до  $1,14$  м/с увеличивается в 1,2-1,4 раза;
- с увеличением крутизны склона дисперсия увеличивается на 30%;
- с увеличением скорости террасера от  $0,7$  до  $1,14$  м/с и

каменистости почвы от 26,4 до 63,6 м<sup>3</sup>/га, динамичность процесса ухудшается;

- наилучшей динамичностью обладает террасер при угле атаки  $\beta = 25^\circ$ .

5. Устойчивость работы агрегата в горизонтальной плоскости характеризуется выражением  $d_T(10)$ :

- с увеличением скорости агрегата от 0,7 до 1,14 м/с при различных крутизнах склонов и углах атаки отвала показатель уменьшается на 5-10% и его доверительные интервалы увеличиваются в среднем в 2 раза;

- с увеличением засоренности камнями до 63,6 м<sup>3</sup>/га  $d_T$  уменьшается в 1,05-1,12 раза;

- с увеличением скорости движения, крутизны склона и каменности почвы, полотно террас сужается и становится неравномерным.

6. Устойчивость движения агрегата в вертикальной плоскости характеризуется показателем  $\Delta_n$ , который оценивается математическим ожиданием, дисперсией и доверительными интервалами:

- с увеличением скорости движения от 0,7 до 1,14 м/с в исследуемых диапазонах крутизны склона, влажности почвы, каменности и углах атаки  $\Delta_n$  увеличивается в 1,55 раза, однако требования агротехники обеспечиваются (агротехнический допуск угла не превышает  $\beta = \pm 1,5^\circ$ );

- одним из важных качественных показателей является величина неровностей полотна террас, агротехнический допуск которой равен  $\pm 3$  см.

7. Годовой экономический эффект от использования одного бульдозерного террасера составляет 4190 руб., а народнохозяйственный эффект 11639 рублей.

8. Разработанный по итогам настоящего исследования бульдозерный террасер внедрен в лесном хозяйстве Иджеванского района Армении. Результаты диссертации приняты к использованию НПО "Грузсельхозмаш" при разработке почвообрабатывающей сельскохозяйственной техники.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. А.с. 1375744 (СССР) "Бульдозерное оборудование" (в со-  
авторстве).

2. Обоснование параметров бульдозерного террасера Агро-  
пром: Наука и производство. Ереван 1990 г. № 9 с.74-78.

3. Устойчивость работы бульдозерного террасера. Агропром:  
Наука и производство. Ереван 1991 г. № 4 с.66...72.

4. Бульдозерный террасер - информационный листок АрмНИНТИ  
10 P - 91.

Заказ	№	Тираж
20 принят 01.27.92	подписано и	печать 01.31.92
формат 60x84/16	объем печ.	листов
Уч. над. лист	Бесплатно.	

375025 Ереван 25 ул. Абовяна 52  
Отдел издательства и оперативной полиграфии ЕРНИИ-а