

На правах рукописи

**БАРХАЛОВ Рашид Раджаб оглы**

УДК 621.879.3.064.2

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ  
КОМБИНИРОВАННОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА  
ДЛЯ ОЧИСТКИ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ КЮВЕТОВ**

05. 05. 04 — Дорожные и строительные машины

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Работа выполнена на кафедре "Строительные, дорожные и мелиоративные машины" Азербайджанского инженерно-строительного университета и на кафедре "Строительных и дорожных машин" Днепропетровского инженерно-строительного института.

Научные руководители - доктор технических наук, профессор  
Н.А. ИСРАФИЛОВ,  
доктор технических наук, профессор,  
Заслуженный изобретатель Украины  
Л.А. ХМАРА

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор  
В.В. НИЧКЕ,  
кандидат технических наук, профессор  
В.П. СМИРНОВ

Ведущее предприятие - Производственное объединение строительства и эксплуатации автомобильных дорог Азербайджана

Защита состоится "13" 05 1993 г. в 13<sup>00</sup> часов на заседании специализированного совета К 068.32.03 в Днепропетровском инженерно-строительном институте по адресу: 320600, Днепропетровск, ул. Чернышевского, 24-А, ДИСИ, ауд. 202.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан "07" 04 1993 г.

Отзыв представляется в двух экземплярах с подписью, заверенной печатью.

Телефон для справок: 47-35-22.

Ученый секретарь  
Специализированного Совета К 068.32.03  
кандидат т. наук, доцент

Н. П. КОЛЕСНИК

ЛННБ України ім. В. Стефаніка



00803091 (L)

ЛННБ ім. В. Стефаніка  
АН України

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ.** Работа по очистке и восстановлению водосточных каналов и кюветов при эксплуатации автомобильных дорог остается одним из наиболее трудоемких процессов, составляя по трудоемкости 10...15% в общем объеме работ при эксплуатации автомобильных дорог. В связи с ростом темпов строительства дорог, увеличением их протяженности, а также их содержания требуется создание эффективных средств механизации для очистки и восстановления водосточных каналов и кюветов. Специальные машины для очистки кюветов в отечественной практике отсутствуют. Известна лишь устаревшая модель кюветоочистителя Д-9 на базе автогрейдера.

Существенная тенденция повышения единичной мощности землеройных машин непрерывного действия позволяет применить в конструкциях кюветоочистителя высокопроизводительные рабочие органы, обеспечивающие различные скорости копания и транспортирования грунта, что расширяет область применения таких машин по технологическим и грунтовым условиям. Анализ существующих конструктивных решений и результатов исследований показывает возможность создания комбинированного рабочего органа для очистки и восстановления кюветов. Однако в таких рабочих органах взаимодействие фрез, метателей и пассивного рабочего органа отвала с грунтом изучено еще недостаточно. Практически не определены и не исследованы основные параметры комбинированного рабочего органа для очистки и восстановления кюветов.

Таким образом, проблема исследования и определения рациональных параметров комбинированного рабочего органа для очистки и восстановления кюветов является актуальной.

**ЦЕЛЮЮ РАБОТЫ** является создание комбинированного рабочего органа с боковой навеской на базовую машину для очистки и восстановления водосточных каналов и кюветов и обоснование его рациональных параметров и областей эффективного применения. В задачи исследований входило: обоснование и определение основных конструктивных и технологических параметров комбинированного рабочего органа применительно к конкретным условиям работы, например, для очистки кюветов при эксплуатации автомобильных дорог; разработать математические модели, описывающие взаимодействие с разрабатываемой средой комбинированного рабочего органа; создать полевой экспериментальный комбинированный рабочий орган для выполнения технологической операции—очистки кюветов; провести экспериментальные исследования с целью изучения сущности процесса очистки каналов и кюветов

от наносов и получения регрессионных зависимостей по применению силовых и энергетических показателей рабочего процесса комбинированного рабочего органа от его конструктивных параметров, характеристик грунта и условий взаимодействия с разрабатываемой средой; произвести сопоставление теоретических и экспериментальных результатов исследований; разработать методику выбора и определения рациональных параметров комбинированного рабочего органа для очистки и восстановления кюветов; выполнить технико-экономическую оценку эффективности внедрения в народное хозяйство комбинированного рабочего органа для очистки и восстановления кюветов.

**НАУЧНАЯ НОВИЗНА** работы определяется: математическими моделями описания процесса взаимодействия со средой комбинированного рабочего органа для очистки и восстановления каналов и кюветов; выясненной физической сущности процесс взаимодействия со средой комбинированного рабочего органа, реализующей научную идею по взаимодействию со средой пассивного и активных рабочих органов для подсистемы "грунт-рабочие органы активного действия-рабочий орган пассивного действия" ("грунт-фреза-отвал-метатель"); полученными уравнениями регрессии по определению мощности, производительности, энергоемкости и др. параметров комбинированного рабочего органа; созданием нового комбинированного рабочего органа с рациональными параметрами для очистки и восстановления кюветов; разработанной методикой выбора и определения основных параметров, режимов работы машин и областями эффективного применения комбинированного рабочего органа для очистки и восстановления каналов и кюветов.

**ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ** работы определяется: разработанными методиками установления рациональных параметров комбинированного рабочего органа с использованием ЭВМ; полученным экономическим эффектом от внедрения в народное хозяйство и использованием результатов исследований в учебном процессе АЗИСУ.

**РЕАЛИЗАЦИЯ РАБОТЫ.** Рекомендации по расчету и выбору рациональных параметров комбинированного рабочего органа использованы при проектировании комбинированного рабочего органа на базе автогрейдера ДЗ-99 для очистки и восстановления водоотводных каналов и кюветов в ПТТ Оргтехстрой "Минстройавтодора" Азербайджана и внедрены в ЭЛУ г.Баку. Результаты исследований используются в учебном процессе АЗИСУ.

**ДОСТОВЕРНОСТЬ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИИ** обоснована проверкой соответствия разработанных математических моделей результатам экспериментальных исследований. Относительная ошибка

отклонения результатов теоретических исследований от экспериментальных данных составляет 12...15%, коэффициент вариации составляет 12...17% при вероятности результатов 0,9...0,95.

Обработка результатов экспериментальных исследований осуществлялась методами математической статистики.

**АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ.** Материалы диссертационной работы докладывались на заседаниях и научных семинарах кафедры "Строительные, дорожные и мелиоративные машины" АзИСУ (1986-1992 гг.), научно-технических конференциях АзИСУ (1986-1992 гг.), XI, XII Республиканских научных конференциях аспирантов вузов Азербайджана (1988, 1989 гг.), XIV Международной научно-технической конференции "Механизация и автоматизация земляных работ" в г.Киеве (1991 г.), на заседании кафедры "Строительные и дорожные машины" ДИСИ (1992 г.), на научно-технической конференции ДИСИ (1993 г.).

**ПУБЛИКАЦИИ.** По результатам исследований опубликовано 10 статей, получено 6 авторских свидетельств на изобретения и одно положительное решение Госкомизобретений.

**ОБЪЕМ РАБОТЫ.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературы и приложений. Работа в целом имеет 194 страниц, в том числе 130 страницы машинописного текста, 71 рисунок и 20 приложений.

**НА ЗАЩИТУ ВНОСЯТСЯ:**

- Теоретические модели описания взаимодействия с грунтом отдельных рабочих органов, составляющих комбинированный рабочий орган;
- Методика определения параметров комбинированного рабочего органа для очистки и восстановления кветов;
- Результаты экспериментальных исследований по взаимодействию со средой комбинированного рабочего органа;
- Комбинированный рабочий орган для очистки и восстановления кветов, сформированный по результатам теоретических и экспериментальных исследований;
- Методика проведения экспериментальных исследований;
- Полученные уравнения регрессии по определению мощности, производительности, энергоемкости от скорости движения базовой машины, окружной скорости фрезы, метателя и др.;
- Разработанная программа и блок схема по расчету и выбору рациональных параметров комбинированного рабочего органа на IBM PC;
- Сформулированные научные рекомендации по определению рациональных параметров и областей эффективного использования комбини-

рованного рабочего органа;

-Реализация конструктивного решения комбинированного рабочего органа для очистки каналов и кюветов;

-Результаты расчета экономической эффективности от внедрения в народное хозяйство комбинированного рабочего органа.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ПЕРВАЯ ГЛАВА посвящена обзору теоретических и экспериментальных исследований в области очистки водоотводных каналов и кюветов. Водоотводные каналы и кюветы со времени эксплуатации изменяют свою форму и размеры как по продольному профилю, так и по поперечному, что нарушает их нормальную работу. Автором при этом установлено, что каналы и кюветы, имеющие в начале форму трапеции, деформируются, приобретают корытообразную форму. Причем, глубина их значительно уменьшается. Заваление каналов и кюветов и особенно интенсивно происходит в первое время после постройки или очистки, когда вода легко размывает еще не "устоявшиеся откосы". Размывы откосов и их обрушение чаще всего происходит в том случае, когда угол наклона откоса канала и кювета меньше, чем угол естественного откоса грунта.

Для восстановления пропускной способности каналов и кюветов необходимо периодически восстанавливать разрушенные откосы с одновременной очисткой дна. В процессе функционирования дороги в кювет попадают различные предметы. На дорогах, проложенных в лесу с заросшими кюветами, корни деревьев прорастают в земляное полотно. Во избежание повреждения полотна дороги для очистки кюветов нежелательно использовать машины с гусеничным ходом. Все это ограничивает возможность применения не специальных машин и создает технические трудности при конструировании специальных машин для очистки и восстановления кюветов.

Рабочие процессы грунтообрабатывающих, землеройных и землеройно-транспортных машин являлись предметом исследований многих ученых. В разработку теории процессов резания и копания грунта большой вклад внесли Артемьев К.А., Баловнев В.И., Ветров Ю.А., Волков Д.П., Гальперин М.И., Гарбузов З.Е., Гаркави Н.Г., Горячкин В.П., Домбровский Н.Г., Зеленин А.Н., Кузин Э.Н., Недорезов И.А., Ничке В.В., Петерс Е.Р., Раннев А.В., Тарасов В.Н., Хархута Н.Я., Холодов А.М., Хмара Л.А., Федоров Д.И., Ульянов Н.А., Яркин А.А. и др. Вопросы интенсификации рабочих процессов машин на базе исполь-

зования активизаторов различного назначения рассмотрены в работах Баловнева В.И., Руднева В.К., Хмары Л.А., Федорова Д.И., Недорезова И.А., Баладинского В.Л., Заднепровского Р.П., Ермилова А.Б. и др.

Фрезерные рабочие органы грунтообрабатывающих машин исследовали Далин А.Д., Попов Г.Ф., Синеоков Г.Н., Канарев Ф.М., Суриков В.С., Гринчук И.М., из зарубежных ученых Н.Бернацки, И.Зоне, М.Матсоу, Т.Исоида и др.

Основные теоретические и экспериментальные работы в области метателей принадлежит Кавалерову А.А., Исрафилову Н.А., Кудре С.Е., Жаброву А.Б., Баловневу В.И., Гласко М.С. и другим ученым.

По результатам проведенного обзора исследований грунтообрабатывающих, землеройных и землеройно-транспортных машин можно отметить, что задача научного обоснования принципа создания комбинированного рабочего органа и определение рациональных параметров его конструкции не решена известными исследователями и является актуальной.

ВТОРАЯ ГЛАВА посвящена теоретическому анализу рабочего процесса и определению параметров комбинированного рабочего органа. Комбинированный рабочий орган состоит из отдельных рабочих органов — фреза, метатель и отвал. Фреза срезает грунт по ширине, равной ширине кювета по дну и глубиной, равной толщине наносного слоя. Срезанный грунт отбрасывается на метатель. Откосы кювета и неровности сечения после фрезы очищаются отвалом и грунт подается на метатель. Грунт, попавший на грунтометатель от фрезы и отвала, отбрасывается наружу кювета.

Радиус метателя в зависимости от технологических параметров кювета определяется зависимостью:

$$R_M = \frac{\delta}{2} \left(1 + \frac{1}{\cos\beta}\right) \operatorname{tg}(90-\beta) - A' \quad (1)$$

где  $\delta$  — ширина кювета по дну;  $\beta$  — угол заложения откосов;  $A'$  — минимальное расстояние от параметра кювета до края метателя.

Угол разгрузки метателя определяется по формуле (рис.1):

$$\alpha_{\text{раз}} = \frac{3\pi}{4} - 2\arcsin \frac{K_1}{R_M} + 2\arctg \frac{K_1 \operatorname{tg}\beta}{\delta \operatorname{tg}\beta + 2h} - \arccos \left\{ \frac{R_M \operatorname{tg}\beta \cos(\arctg \frac{K_1 \operatorname{tg}\beta}{\delta \operatorname{tg}\beta + 2h})}{(\delta \operatorname{tg}\beta + 2h)} \right\}, \quad (2)$$

где  $K_1$  — расстояние от поверхности кювета до центра метателя;  $h$  — глубина кювета.



окружная скорость фрезы;  $B_1$  - ширина ножа фрезы.

Длина ножа фрезы, участвующего в резании и отбрасывании грунта определяем по формуле:

$$l_1 = 0,375 \varphi_{от} R_{\Phi} \sin \alpha_p. \quad (6)$$

Пассивный рабочий орган - отвал состоит из нижней части в виде лемеха и боковых профилирующих отвалов. Чтобы определить длины лемеха (Рис.2.) исходим из совместной работы фрезы на толщину  $e_1$ . При попадании твердого включения между фрезой и поверхностью лемеха, чтобы исключить заклинивание его, минимальное расстояние между фрезой и поверхностью лемеха должно быть равно толщине грунта, срезаемой лемехом  $e_1$ . Учитывая это, получаем:

$$l_{л} = (R_{\Phi} + e_1) - \frac{R_{\Phi} + e_1}{\cos \alpha_p^{\min}} - (R_{\Phi} + e_1) \frac{\sin \alpha_p^{\min}}{\cos \alpha_p^{\min}}. \quad (7)$$

Минимальное расстояние между метателем и дном кивета будет равно:

$$A' = \operatorname{tg} \alpha_p^{\min} (R_{\Phi} + e_1) - \frac{h}{\cos \alpha_p^{\min}} - h. \quad (8)$$

где  $A'$  - расстояние между метателем и режущей кромкой ножа фрезы;  $\alpha_p^{\min}$  - минимальный угол резания лемеха.

Угол отбрасывания грунта фрезой определяется из выражения:

$$\varphi_{от} = \varphi_1 + \alpha_p - \pi + \arccos \left( \frac{\sqrt{(h-A')^2 + (R_{\Phi} + e_1)^2} \sin \left( \varphi_1 - \frac{\pi}{2} + \arctg \frac{R_{\Phi} + e_1}{h-A'} \right)}{R_{\Phi}} \right) + \arcsin \left( \frac{R_{\Phi} \cos \alpha_p \cos \left[ \arctg \left( \frac{\sqrt{R_M^2 - \frac{\delta^2}{4}} + K_1}{R_{\Phi} + e_1} \right) \right]}{R_{\Phi} + e_1} \right) + \arctg \left( \frac{\sqrt{R_M^2 - \frac{\delta^2}{4}} + K_1}{R_{\Phi} + e_1} \right). \quad (9)$$

В комбинированном рабочем органе метатель установлен внутри отвала. Поэтому расстояние от края метателя по дну и откосам изменяется. Изменяется также угол резания отвала при постоянной его длине  $l_{л}$ . Максимальный угол резания определяется по формуле:

$$\alpha_p^{\max} \cong \arctg \left( \frac{\left[ \left( \frac{h}{\operatorname{tg} \beta} + \frac{\delta}{2} \right) - \sqrt{R_M^2 - K_1^2} \right] \sin \beta}{l_{л}} \right). \quad (10)$$

Длины образующих поверхностей отвала определены по формулам:

$$L^{\max} = \frac{l_{л}}{\cos \alpha_p^{\max}}; \quad L^{\min} = \frac{l_{л}}{\cos \alpha_p^{\min}}. \quad (11)$$



В расчетах применяется средняя длина поверхности отвала. При этом угол резания имеет значение:

$$\alpha'_{Pcp} = \frac{\alpha_P^{\min} + \alpha_P^{\max}}{2}. \quad (12)$$

В комбинированном рабочем органе производительность отдельных рабочих органов не может быть различной, так как фреза, метатель и отвал работают совместно. Производительность комбинированного рабочего органа должна быть равна производительности метателя. Учитывая это, производительность фрезы определяется формулой:

$$\Pi_T^M \geq \frac{\Pi_T^M \theta (h - e_1)}{\frac{h^2}{\text{tg}\beta} + \delta h}. \quad (13)$$

Поступательная скорость комбинированного рабочего органа определяется выражением:

$$v_{\Pi} = \frac{\Pi_T^M}{3600 \left( \frac{h^2}{\text{tg}\beta} + \delta h \right) K_3}, \quad (14)$$

где  $K_3$  - коэффициент заиливания кювета.

Общее сопротивление, возникающее при работе отвала

$$W = W_P + W_{\Pi} + W_T + W_{TP}, \quad (15)$$

где  $W_P$  - сопротивление грунта резанию отвалом;  $W_{\Pi}$  - сопротивление подъему грунта по поверхности отвала;  $W_T$  - сопротивление сил трения грунта при его перемещении по поверхности отвала;  $W_{TP}$  - сопротивление сил трения отвала по дну кювета.

$$W = \delta e_1 \gamma_0 g L_{cp} \left( \frac{h^2 K_3}{\theta e_1 \text{tg}\beta} \left[ \frac{K}{\gamma_0 g L_P} + f + \cos\beta \sin\alpha'_{Pcp} (1 + f \text{ctg}\alpha'_{Pcp}) \right] + f(\cos\alpha'_{Pcp} + \frac{0,5 G_{kpo}}{\delta e_1 \gamma_0 g L_{cp}} + \frac{h K_3}{e_1}) + \frac{K}{\gamma_0 g L_{cp}} + \sin\alpha'_{Pcp} \right), \quad (16)$$

где  $G_{kpo}$  - сила тяжести комбинированного рабочего органа.

Получена общая математическая модель, описывающая процесс очистки кюветов комбинированным рабочим органом. Для численного анализа математической модели была разработана программа на языке "Бейсик" к компьютеру "Корвет". В результате исследований и анализа модели, получен ряд зависимостей энергоемкости, мощности и производительности от рассмотренных параметров и факторов.

С увеличением угла резания ножа фрезы повышается производительность и потребляемая мощность (Рис.3). При повышении угла резания свыше  $\alpha_P \geq 45^\circ$  производительность остается постоянной. Это объясняется тем, что производительность комбинированного рабочего

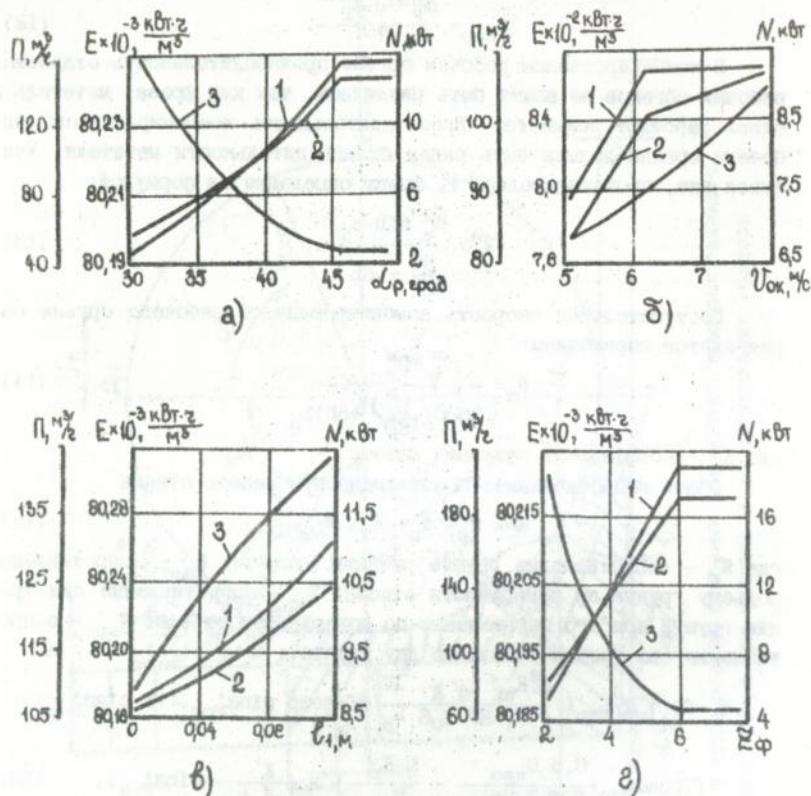


Рис.3. Зависимость потребляемой мощности  $N(I)$ , производительности  $\Pi(2)$  и энергоёмкости процесса  $E(3)$  от: а) угла резания ножа фрезы  $\alpha_p$  при  $v_{ок} = 6 \text{ м/с}$ ;  $v_{ок}^{\Phi} = 4,5 \text{ м/с}$ ;  $r_0 = 0,2 \text{ м}$ ;  $Z_{ф} = 3$ ;  $\epsilon = 0,01 \text{ м}$ ;  $\alpha_p^{\text{min}} = 20^\circ$ ;  $e_1 = 0,02 \text{ м}$ ;  $Z_M = 6$ ; б) окружной скорости метателя  $v_{ок}$  при  $v_{ок}^{\Phi} = 4,5 \text{ м/с}$ ;  $Z_{ф} = 3$ ;  $r_0 = 0,2 \text{ м}$ ;  $\epsilon = 0,01 \text{ м}$ ;  $\alpha_p^{\text{min}} = 20^\circ$ ;  $e_1 = 0,02 \text{ м}$ ;  $\alpha_p = 40^\circ$ ; в) толщины слоя срезаемой лемехом  $e_1$  при  $v_{ок} = 6 \text{ м/с}$ ;  $Z_{ф} = 3$ ;  $Z_M = 6$ ;  $r_0 = 0,2 \text{ м}$ ;  $\epsilon = 0,01 \text{ м}$ ;  $v_{ок}^{\Phi} = 4,5 \text{ м/с}$ ;  $\alpha_p = 40^\circ$ ;  $\alpha_p^{\text{min}} = 20^\circ$ ; г) число ножей на фрезе  $Z_{ф}$  при  $v_{ок} = 6 \text{ м/с}$ ;  $v_{ок}^{\Phi} = 4,5 \text{ м/с}$ ;  $Z_M = 8$ ;  $r_0 = 0,2 \text{ м}$ ;  $\epsilon = 0,01 \text{ м}$ ;  $\alpha_p = 40^\circ$ ;  $\alpha_p^{\text{min}} = 20^\circ$ ;  $e_1 = 0,02 \text{ м}$ .

органа ограничена производительностью метателя. Анализируя зависимость потребляемой мощности, производительности и энергоёмкости процесса от окружной скорости метателя (рис.3) установлено, что с увеличением окружной скорости метателя растёт производительность. При увеличении  $v_{ок}$  от 5 до 6 м/с производительность повышается от 80 до 101 м<sup>3</sup>/ч, а потребляемая мощность растёт от 7 до 8,7 кВт. При постоянной производительности, в зависимости от окружной скорости метателя, мощность увеличивается от 8,9 до 9,9 кВт, что объясняется повышением кинетической энергии на отбрасывание грунта.

При увеличении толщины грунта, срезаемого лемехом увеличивается производительность и потребляемая мощность (рис.3).

С увеличением числа ножей на фрезе  $Z_{ф}$  (рис.3) увеличивается производительность и потребляемая мощность, а энергоёмкость уменьшается. Это объясняется тем, что с увеличением числа ножей, производительность растёт больше, чем потребляемая мощность.

Увеличение окружной скорости фрезы  $v_{ок}^ф$  ведёт к повышению производительности. При этом соответственно увеличивается потребляемая мощность. При дальнейшем увеличении окружной скорости  $v_{ок}^ф \geq 6,5$  м/с производительность остаётся постоянной. Из графика следует также, что при постоянной производительности комбинированного рабочего органа, рост окружной скорости ведёт к повышению расхода энергии на сообщение живой силы для отбрасывания грунта.

С увеличением числа лопастей метателя (при постоянном объёме грунта, выброшенного одной лопастью) от 2 до 4 производительность растёт соответственно от 50 до 108 м<sup>3</sup>/ч и соответственно увеличивается потребляемая мощность, а энергоёмкость процесса уменьшается. Это объясняется тем, что производительность увеличивается больше, чем потребляемая мощность. При дальнейшем увеличении числа лопастей метателя производительность и энергоёмкость остаётся постоянными. Это объясняется тем, что производительность фрезы ограничивает увеличение производительности комбинированного рабочего органа.

В ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ представлена методика проведения экспериментальных исследований комбинированного рабочего органа для очистки и восстановления дна каналов и кветов. Для проведения полевых опытов был сконструирован и изготовлен на опытно-экспериментальном заводе "Минстройавтодора" Азербайджана (г.Баку) экспериментальный комбинированный рабочий орган и установлен на базовую машину автогрейдера ДЗ-99. Навесное устройство состоит из специального кроши-

тейна, прикрепленного к раме автогрейдера. Шарнирное соединение позволяет с помощью гидроцилиндра перевести комбинированный рабочий орган в транспортное и рабочее положения.

Энергетические показатели комбинированного рабочего органа определялись при помощи аппаратуры ЭМА-П, которая установлена на автомобиле тизолаборатории УАЗ 452В. Для определения энергетических показателей исследуемого комбинированного рабочего органа регистрировались крутящие моменты на валу фрезы, метателя и усилия на тяговом звене при протаскивании. Для определения частоты вращения вала фрезы и метателя применялись контактные датчики, а измерение пройденного пути проводилось путеизмерительным колесом, снабженным контактным датчиком.

В ЧЕТВЕРТОЙ ГЛАВЕ представлены результаты экспериментальных исследований комбинированного рабочего органа в полевых условиях. Экспериментальные исследования проводились с целью изучения физической сущности процесса очистки и восстановления кветов и подтверждения теоретических результатов, определения рациональных параметров и общей потребляемой мощности комбинированным рабочим органом.

Свойства грунта являются решающим фактом при выборе способа его разработки. Грунт наносов обладает различными свойствами, которые изменяются в зависимости от влажности и процентного содержания глинистых частиц. Для оценки грунта, как рабочей среды кветоочистительной машины, изучены физико-механические свойства и состояние наносов. Установлено, что грунт наносов по соотношению частиц различной крупности относится к средним и тяжелым суглинистым грунтам, а по трудоемкости их разработки - к первой и второй категории. Вес одного кубического метра грунта исследованных кветов колеблется в пределах 1240...1590 кг/м<sup>3</sup>.

Плотность грунта существенно влияет на сопротивление грунта резанию. Чем больше степень разрыхления грунта, тем легче он поддается резанию и отделению от массива. При вдавливании конуса плотномера в грунт не нарушенной структуры давление колеблется от 1,2 до 4,3 МПа, а сопротивление разрыхленного грунта не превышает 0,25МПа. Опыты по установлению влажности наносного грунта в кветках проводились на различных участках и в разное время с 5-ти кратной повторностью до глубины 20 см. В результате наблюдений установлено, что влажность с течением времени интенсивно изменяется в пределах 30 - 2,57%. При обработке указанного типа грунта оптимальная влажность считается 16...18%. В этих значениях влажности

грунт хорошо разрыхляется, не требует больших усилий при обработке и не липнет к поверхности рабочих органов. Коэффициент трения грунта о сталь зависит от вида и его состояния. Величина его колеблется от 0,25 до 1,0, увеличиваясь при нешлифованных поверхностях стали. Наименьшее значение коэффициента трения наблюдается при наименьших значениях влажности грунта.

Исследовано влияние поступательной скорости рабочего органа на потребляемую мощность и производительность (рис.4). Установлено, что с увеличением поступательной скорости мощность на протаскивание машины растет пропорционально скорости движения, а повышение мощности на выброс грунта метателем происходит относительно медленнее. С изменением поступательной скорости от  $v_{II} = 0,05$  м/с до 0,15 м/с общая потребляемая мощность комбинированного рабочего органа возрастает с 3,4 до 10,0 кВт, т.е. в 3 раза. При этом энергоёмкость процесса очистки кветов остается неизменной. Поэтому при малых толщинах слоя заиления, чтобы увеличить производительность машины, необходимо назначать большую скорость передвижения (с учетом запаса мощности).

Значение мощности, полученной экспериментальным путем в полевых условиях, имеет хорошую сходимость с теоретическими значениями, что подтверждает правильность теоретических предпосылок (Рис.4).

Установлено, что при очистке кветов от заиления оптимальной является влажность наносов 16...19%. Эта влажность соответствует влажности наносного грунта при очистке квета в весенний период. С увеличением влажности грунта мощность, потребляемая метателем на выброс грунта, возрастает более интенсивно, чем мощность потребляемая пассивным рабочим органом - отвалом.

С увеличением частоты вращения метателя, при сохранении постоянной подачи грунта на лопасть, затраты мощности на выброс грунта резко возрастают. Также резко повышается дальность отброса грунта. Учитывая требуемую дальность выброса и равномерность разброса грунта, качественные и энергетические показатели метателя, а также его удельную производительность, рациональное значение числа оборотов метателя должна быть в пределах 160...180 об/мин. (при диаметре  $D=740$  мм).

С учетом качественных и энергетических показателей работы метателя величина объема грунта, выбрасываемого одной лопастью, должна быть в пределах  $q = 3...7$  дм<sup>3</sup>. Исходя из этого условия, следует выбрать поступательную скорость и количество лопастей метателя, оставляя объем грунта, отбрасываемый одной лопастью и чис-

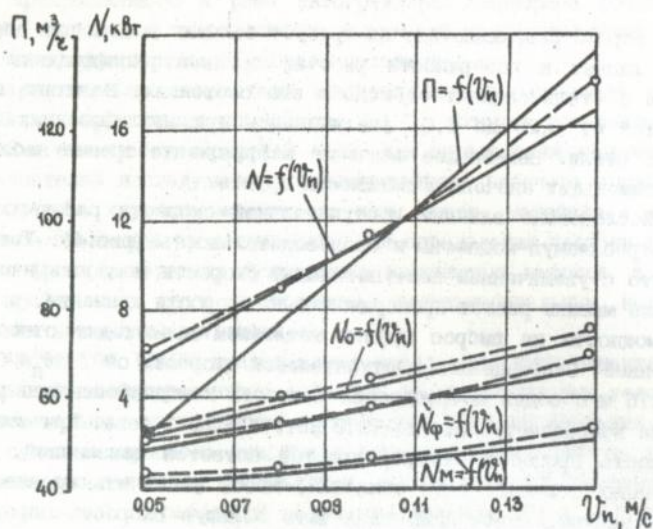


Рис. 4. Зависимость потребляемой мощности  $N$  и производительности  $\Pi$  от поступательной скорости  $v_n$  при:  $Z_M=4$ ;  $Z_M=12$ ;  $v_{ок}=6\text{ м/с}$ ;  $v_{ок}^\Phi=4,5\text{ м/с}$ ;  $K_3=0,5$ . ——— теоретическая зависимость; ---- экспериментальная зависимость.

ло оборотов метателя постоянными.

При малых значениях скоростей  $v_n = 0,15\text{ м/с}$  и  $n_\Phi = 1,5\text{ с}^{-1}$  с точки зрения малого расхода энергии выгодно использовать четырех или шестиножовой рабочий орган. При больших поступательных скоростях  $v_n = 0,15\text{ м/с}$  (при постоянном числе оборотов  $n_\Phi = 1,5\text{ с}^{-1}$ ) необходимо увеличивать число ножей на фрезе до 10...12, чтобы толщина стружки оставалась постоянной.

На основе выполненных теоретических и экспериментальных исследований получены зависимости, позволяющие на научной основе определить рациональные параметры комбинированного рабочего органа, которые приведены в таблице, а также получены уравнения регрессии, описывающие с достаточной точностью энергетические величины в зависимости от конструктивных и технологических параметров рабочих органов и киветов:

$$N = 37,85 v_n^{0,986}; \quad N = 280,312 v_n^{1,169};$$

$$N_M = 0,098 v_{ок}^{1,78}; \quad N_\Phi = 3,91 v_{ок}^{0,33}$$

Определение рациональных параметров комбинированного рабочего органа  
для очистки и восстановления кветов

№ пп	Наименования параметров	Обозначение	Едн. измерен.	Формулы для определения рациональных параметров
1	2	3	4	5
1	Минимальный угол резания ножа отвала	$\alpha_p^{\min}$	град.	$\alpha_p^{\min} = 20^{\circ} \dots 30^{\circ}$
2	Толщина грунта, срезаемого лемехом	$e_1$	м	$e_1 = 0,02$
3	Расстояние между метателем и фрезой	$\epsilon$	м	$\epsilon = 0,05 \dots 0,01$
4	Ширина лопасти метателя	$B_1$	м	$B_1 = 0,15 \dots 0,25$
5	Угол резания ножа фрезы	$\alpha_\Phi$	град.	$\alpha_\Phi = 30^{\circ} \dots 60^{\circ}$
	Окружная скорость фрезы	$V_{\text{ок}}$	м/с	$V_{\text{ок}} = 4,5 \dots 8$
	Радиус фрезы	$R_\Phi$	м	$R_\Phi = h - e_1$
	Радиус метателя	$R_m$	м	$R_m = v/2(1 + 1/\cos\beta)\text{tg}(90-\beta) - A'$
	Миним. расстояние между метателем, дном и откосом кветета	$A'$	м	$A' = \text{tg}\alpha_p^{\min}(R_\Phi + \epsilon) - h/\cos\alpha_p^{\min} - h$
	Расстояние от поверхности кветета до центра метателя	$K_1$	м	$K_1 = (R_m - A') - h$

ДНБ ім. В. Стефани  
АН України

1	2	3	4	5
11	Окружная скорость метателя	$v_{ок}$	м/с	$v_{ок} = (1,3 \dots 1,5)L$
12	Угол разгрузки метателя	$\alpha_{рз}$	град.	см. формулу (2)
13	Внутренний радиус метателя	$r_0$	м	$r_0 \geq R_m(1 - \alpha_{рз})$
14	Число лопастей на метафеле	$Z_m$		см. формулу (4)
15	Производительность фрезы	$\Pi_T^{\Phi}$	м <sup>3</sup> /ч	$\Pi_T^{\Phi} \geq \Pi_T^M / \sqrt{(h - e_4) / (h^2 / tg \beta + v_h)}$
16	Поступательная скорость рабочего органа	$v_{п}$	м/с	$v_{п} = \Pi_T^M / [h^2 / tg \beta + v_h] K_3 3600$
17	Длина лемеха отвала	$l_l$	м	$l_l = R\phi + \epsilon - [(R\phi + \epsilon) / \cos \alpha_{р}^{\min} - R\phi + \epsilon] / tg \alpha_{р}^{\min}$
18	Максимальный угол резания ножа отвала	$\alpha_{р}^{\max}$	град.	см. формулу (10)
19	Среднее значение угла резания ножа отвала	$\alpha_{р}^{\text{ср}}$	град.	$\alpha_{р}^{\text{ср}} = (\alpha_{р}^{\min} + \alpha_{р}^{\max}) / 2$
20	Максимальная длина образующей поверхности отвала	$L^{\max}$	м	$L^{\max} = l_l / \cos \alpha_{р}^{\max}$
21	Минимальная длина образующей поверхности отвала	$L^{\min}$	м	$L^{\min} = l_l / \cos \alpha_{р}^{\min}$
22	Расчетная длина образующей поверхности отвала	$L_{ср}$	м	$L_{ср} = (L^{\max} + L^{\min}) / 2$
23	Число ножей фрезы	$Z_{\Phi}$		$Z_{\Phi} = \Pi_T^{\Phi} / 126 \psi_{от}^2 R_{\phi} \sin^3 \alpha_{р} B_1 \frac{\Phi}{v_{ок}}$
24	Угол отбрасывания фрез	$\psi_{от}$	град.	см. формулу (9)

В ПЯТОЙ ГЛАВЕ на основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований проведено сравнительное их сопоставление и оценка технико-экономических показателей комбинированного рабочего органа. Экономический эффект от внедрения рабочего органа определен по состоянию цен на июль месяц 1992 года и составляет 2 млн. 52 тыс. руб. в год.

#### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. На основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований автором научно сформулированы методические основы выбора и определения основных конструктивных и технологических параметров комбинированного рабочего органа для очистки и восстановления киветов.

Впервые создан комбинированный рабочий орган, позволивший реализовать научную идею по взаимодействию со средой пассивного и активных рабочих органов для подсистемы "грунт - рабочие органы активного действия - рабочий орган пассивного действия" ("грунт-фреза-отвал-метатель").

2. Разработаны математические модели, описывающие с достаточной точностью процесс взаимодействия с разрабатываемой средой комбинированного рабочего органа для очистки и восстановления киветов, позволяющие утверждать о роботоспособности и технико-экономической эффективности исследуемого рабочего органа.

3. Выполненные экспериментальные исследования, позволившие установить физическую сущность процесса очистки каналов и киветов комбинированным рабочим органом показывают, что особенность процесса заключается в уменьшении числа проходов комбинированного рабочего органа за счет того, что грунт, вырезаемый фрезой, боковыми ножами отвала, попадает на метатель, который отбрасывает материал на край кивета. Автором научно обосновано соотношение скоростей процесса, производительности отдельных рабочих органов, составляющих комбинированный рабочий орган.

4. В результате выполненных экспериментальных исследований получены уравнения регрессии, описывающие с достаточной степенью точности силовые и энергетические величины в зависимости от конструктивных и технологических параметров кивета.

$$N = 37,85 \rho_1^{0,986} ; N_M = 0,098 \phi_{OK}^{1,78} ;$$

$$N_\Phi = 3,91 \phi_{OK}^{0,33} ; N = 280,312 \phi_{II}^{1,169} .$$

5. Разработанная методика выбора и определения рациональных параметров комбинированного рабочего органа для очистки кюветов позволяет осуществить выбор и определение параметров на этапе проектирования нового рабочего органа.

6. Оценка эффективности и внедрения в народное хозяйство комбинированного рабочего органа для очистки кюветов за счет повышения производительности в 2,5 - 3 раза позволяет получить экономический эффект 2млн. 52тыс.руб/год (по состоянию цен на июль месяц 1992 г.).

7. Сопоставление результатов теоретических исследований с экспериментальными показывает удовлетворительную их сходимость, расхождение при этом не превышает 10...15%.

Основные положения диссертации изложены в следующих работах:

1. Исрафилов Н.А., Бархалов Р.Р. Навесное устройство для содержания автомобильных дорог. Информ.листок АзНИИТИ, сер. Строит. и стройиндустрия. 1987, №7 3 с.

2. Исрафилов Н.А., Бархалов Р.Р. Навесное устройство на автогрейдер ДЗ-99 для очистки и восстановления боковых канав автомобильных дорог/Эксп.Инф.Автомобильные дороги, НИО, 1987.- с 32-34.

3. Исрафилов Н.А., Бархалов Р.Р. О движении грунта в межлопастном пространстве ротационных каналоочистительных машинах. Вестн. с.-х. науки, Баку, 1987, №5 с.17-20.

4. Исрафилов Н.А., Бархалов Р.Р. Формы и расположения лопатки фрезы машин для очистки водоотводных каналов. Вестн. с.-х. науки, Баку, 1987, №5, с.26-30.

5. Исрафилов Н.А., Бархалов Р.Р. Навесное устройство для содержания водоотводных каналов.//Строительные и дорожные машины, 1988, NII.-с.17.

6. Бархалов Р.Р. Новый комбинированный рабочий орган для очистки кюветов, тезисы докл. XI Респ.науч.конф. аспирантов вузов Азербайджана. - Баку, 1988 г. с.56.

7. Бархалов Р.Р. Баланс мощностей комбинированного рабочего органа кюветоочистителя, тезисы докл. XII Респ.науч.конф. аспирантов вузов Азербайджана.-Баку, 1989 г., с.75-76.

8. Исрафилов Н.А., Бархалов Р.Р. Определение основных параметров отвала комбинированного рабочего органа машин для очистки водоотводных каналов. Вестн. с.-х. науки, 1990, №4, с.78-83.

9. Исрафилов Н.А., Бархалов Р.Р. Условия применения механизма-

ции по очистке каналов и выбор рациональных типов машин. Делонирована во ВНИИТПИ "Строительство и архитектура", вып. №7, 1990г.

10. Исрафилов Н.А., Бархалов Р.Р. Оптимизация основных параметров процесса фрезерования грунта с мелкими стружками. Тезисы докладов XIV Международная научно-техническая конференция "Механизация и автоматизация земляных работ" Киев 1991. с.16-19.

11. А.с. I46I705 (СССР). Рабочий орган каналоочистителя. /Исрафилов Н.А., Бархалов Р.Р. - Оpub. в Б.И., 1989, №8.

12. А.с. I56225I (СССР). Рабочий орган каналоочистителя. /Исрафилов Н.А., Бархалов Р.Р. - Оpub. в Б.И., 1990, №17.

13. А.с. I578274 (СССР). Рабочий орган землеройной машины. /Исрафилов Н.А., Бархалов Р.Р. - Оpub. в Б.И., 1990, №26.

14. А.с. I583333 (СССР). Рабочий орган каналоочистителя. /Исрафилов Н.А., Бархалов Р.Р. - Оpub. в Б.И., 1991, №9

15. А.с. I7I2273 (СССР). Роторный метатель. /Исрафилов Н.А., Бархалов Р.Р. - Оpub. в Б.И., 1992 №6.

16. А.с. I7I6002 (СССР). Фрезерный землеройный рабочий орган. /Исрафилов Н.А., Бархалов Р.Р. - Оpub. в Б.И., 1992, №8.

17. Исрафилов Н.А., Бархалов Р.Р. Метатель без кожуха. Положительное решение о выдаче авт. свидетельства по заявке N 4868990/03 (09726I) от 25.09.1991 г.



465073

AB 27.122