

БЕЛОРУССКИЙ ИНСТИТУТ МЕХАНИЗАЦИИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ  
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

На правах рукописи

УДК 631.319.06.002

КАСТРЮК АЛЕКСАНДР ПЕТРОВИЧ

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ВЫРАВНИВАНИЯ И ПРЕДПОСЕВНОЙ  
ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ РАБОЧИМ ОРГАНОМ АКТИВНО-ПАССИВНОГО  
ДЕЙСТВИЯ

Специальность 05.20.01 - механизация сельскохозяйст-  
венного производства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Минск - 1992

Работа выполнена в Центральном научно-исследовательском институте механизации и электрификации сельского хозяйства Нечерноземной зоны СССР и в Белорусской сельскохозяйственной академии.

- Научный руководитель - доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РБ Р.Л.ТУРЕЦКИЙ
- Официальные оппоненты - академик ААН РБ, доктор технических наук, профессор Севернев М.М.  
кандидат технических наук, доцент Тимошенко В.Я.
- Ведущая организация - Минсельхозпрод Республики Беларусь

Защита состоится 18 " мая 1992 г. в 10<sup>00</sup>  
на заседании специализированного Совета К120.84.02. по  
присуждению ученой степени кандидата технических наук Белорусского  
института механизации сельского хозяйства.

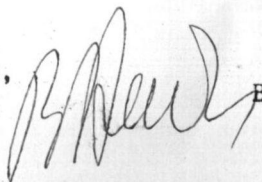
Адрес: 220608, г.Минск, проспект Ф.Скорины, 99, БИМСХ.

Отзывы на автореферат диссертации (в двух экземплярах),  
заверенные печатью, просим направлять по указанному адресу.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке БИМСХ.

Автореферат разослан "1" апреля 1992 г.

Ученый секретарь  
специализированного совета,  
кандидат технических наук,  
доцент



В.А.Агейчик

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. В системе обработки почвы важную роль играет предпосевное выравнивание и подготовка почвы к посеву. В настоящее время они осуществляются однооперационными машинами многопроходного действия с пассивными рабочими органами, которые, как правило, не обеспечивают агротехнических и экологических требований, особенно на связных почвах.

Одним из эффективных методов решения задачи повышения качественных и технико-экономических показателей подготовки почв к посеву является совмещение предпосевной подготовки и выравнивания в едином технологическом процессе. Оно основано на применении комбинированного отвально-шнекороторного рабочего органа, который позволяет за один проход создать оптимальную почвенную структуру посевного слоя (образование уплотненного ложа и верхнего мульчирующего слоя) при обеспечении требований энергосбережения.

Цель работы - обоснование технологического процесса выравнивания и предпосевной обработки почвы, определение оптимальных параметров рабочих органов комбинированного выравнивателя, режимов его функционирования с учетом энергетических и качественных показателей.

Задачи исследования - обосновать технологический процесс выравнивания и предпосевной обработки; выявить структурно-функциональную связь между планирующим отвалом, шнеком и фрез-метателем с учетом качественных и энергетических показателей выполняемого процесса; обосновать оптимальные параметры рабочих органов комбинированного выравнивателя и режимы его работы; разработать математическую модель тягового сопротивления и баланса мощности комбинированного выравнивателя; определить технико-экономическую эффективность применения комбинированного выравнивателя в агрегате с трактором Т-15Ж.

Объекты исследований - экспериментальная установка, экспериментальный образец комбинированного выравнивателя и его рабочие органы для выравнивания и предпосевной обработки минеральных и торфяных почв.

Научная новизна. Установлены закономерности изменения силовых характеристик процесса выравнивания почвы горизонтальным ножом от основных влияющих факторов с учетом зон скалывания и

всестороннего сжатия, отличающихся характером деформации почвы и ее объемно-напряженным состоянием. Определены зависимости влияния поступательной и окружной скорости рабочих органов на энергетические и качественные показатели комбинированного выравнивателя. Определены условия оптимизации структурно-функциональной связи между планируемыми отвалами, шнеками и фрез-метателями исходя из энергетических и качественных требований; разработаны математические модели тягового сопротивления и мощностного баланса комбинированного выравнивателя.

Новизна технического решения защищена двумя авторскими свидетельствами.

Реализация и практическая ценность. Практическим результатом теоретических и экспериментальных исследований явилось создание на их основе комбинированного выравнивателя к тракторам класса 3 для работы на минеральных и торфяно-болотных почвах. Применение позволяет расширить функциональные возможности выравнивателя в различных почвенных условиях при одновременном увеличении производительности и качественном улучшении показателей процесса предпосевной подготовки и выравнивания. Три образца комбинированной почвообрабатывающей машины МКП-3,6 изготовлены на опытном производстве СКТБ ЦНИИМЭСХ.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены на научно-практических конференциях Белорусской СХА, ЦНИИМЭСХ (1986-1991 г.г.).

Публикация. По теме диссертации опубликовано 6 печатных работ, в том числе 2 авторских свидетельства на изобретения.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 133 страницах машинописного текста. Содержит 13 таблиц и 55 рисунков. Состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка использованной литературы (79 наименований, из них на иностранном языке 3) и приложений.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, приведены основные научные и практические результаты, выносимые на защиту.

В первой главе "Состояние вопроса и задачи исследований" показано значение предпосевного выравнивания, обоснована целесооб-

разность проведения выравнивания и предпосевной подготовки почвы в едином технологическом процессе, проведен обзор конструкций и работ по исследованию комбинированных почвообрабатывающих машин для выравнивания и предпосевной обработки почвы.

Показана перспективность выполнения предпосевной подготовки почвы и выравнивания пассивно-активным рабочим органом, обеспечивающим выравнивание и уплотнение семенного ложе, укрытие семян рыхлым мульчированным слоем почвы.

Созданию и исследованию почвообрабатывающих машин с активными и пассивными рабочими органами посвящены работы М.М.Севернева, И.М.Панова, О.С.Марченко, А.Д.Лукьянова, Р.Л.Турецкого, О.М.Мацепуро, И.М.Гринчука, Ю.И.Матяшина, С.Шшкова, В.Калька и др.

Однако выбор основных параметров и оптимальных режимов работы комбинированных почвообрабатывающих агрегатов для выравнивания и предпосевной обработки почвы на основе указанных исследований не всегда представляется возможным из-за отсутствия достаточных данных по взаимодействию активных и пассивных рабочих органов, энергоемкости процесса в зависимости от параметров рабочих органов и режимов работы агрегата.

На основе анализа состояния вопроса и в соответствии с целью данной работы были поставлены следующие задачи исследований:

- разработать технологический процесс одновременного выравнивания и предпосевной обработки почвы в соответствии с агротехническими и экологическими требованиями;

- обосновать технологическую схему комбинированной машины и оптимальные параметры и режимы работы отдельно пассивного и активного рабочих органов и машины в целом;

- установить структурно-функциональную связь между пассивными и активными рабочими органами;

- определить агротехнические и энергетические показатели работы комбинированного агрегата в зависимости от режимов работы и почвенных условий;

- определить технико-экономическую эффективность применения комбинированного агрегата активно-пассивного действия.

Во второй главе "Программа и методика проведения экспериментальных исследований" сформулированы цели и задачи, изложена методика экспериментов по исследованию силовых и качественных характеристик горизонтального ножа, отвала, шнека, фрез-метателя и комби-

нированного выравнивателя в целом; дано описание экспериментальной установки и оборудования для проведения лабораторно-полевых опытов; указан порядок их проведения, а также обработки экспериментальных данных.

Программа и методика исследований включали опыты по определению тягового сопротивления отдельных составляющих элементов рабочих органов и в целом комбинированного выравнивателя.

Лабораторно-полевые эксперименты выполнены в соответствии с разработанными методиками, а также с учетом ОСТА 70.2.2-73 и ГОСТа 20915-75 на специальной экспериментальной установке в навесном варианте к тракторам Т-150К, оборудованным тензометрической аппаратурой.

В третьей главе "Экспериментально-теоретические исследования рабочих органов пассивного действия комбинированного выравнивателя почв" приведены данные аналитических и экспериментальных исследований, связанных с обоснованием линейных и угловых параметров пассивных рабочих органов комбинированного выравнивателя почв.

Структура усилий резания горизонтальным ножом рассматривалась с учетом составляющих усилий: лезвия, затылочной площадки, отвала отдельно в зонах скальвания и всестороннего сжатия. Это дало возможность более обоснованно исследовать тяговое сопротивление в зависимости от основных действующих на нож факторов на основе изучения характера их влияния в каждой зоне деформации.

При резании горизонтальным ножом, когда резание происходит со снятием стружки деформация почвы состоит из зоны скальвания  $h_{ск}$  и зоны всестороннего смятия  $h_{см}$ . При этом зона смятия  $h_{см}$  обусловлена величиной затупленного лезвия. На основе механизма процесса резания почвы, предусматривающего выделение двух зон резания, структура формулы для определения сил резания приобретает вид

$$P = P_{ск} + P_{см},$$

где  $P_{ск}$ ,  $P_{см}$  - усилия резания соответственно в зонах скальвания и смятия.

$$P = K S = K_{ск} S_{ск} + K_{см} S_{см},$$

или

$$K = K_{ск} \frac{S_{ск}}{S} + K_{см} \frac{S_{см}}{S},$$

где  $S$ ,  $S_{ск}$ ,  $S_{см}$  - соответственно общая площадь поперечного сечения, площади сечения в зонах скалывания и смятия;  $K$ ,  $K_{ск}$ ,  $K_{см}$  - общие удельные сопротивления резания, удельные сопротивления в зонах скалывания и смятия.

Удельные усилия резания в каждой зоне зависят от ряда факторов

$$K_{ск} = f_1(b, h_{ск}, \alpha, v, C);$$

$$K_{см} = f_2(h_{см}, v, C),$$

где  $b$  - ширина ножа;  $h_{ск}$ ,  $h_{см}$  - соответственно глубина скалывания и уплотнения;  $\alpha$  - угол резания;  $v$  - скорость резания;  $C$  - характеристика почвенных условий по числу ударов ДорНИИ.

Суммарное удельное сопротивление резанию на основе его составляющих имеет вид:

$$K = \frac{K_{ск}}{h} + C_p h^n + \frac{\gamma_n h}{\sin \alpha} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi),$$

где  $K$  - удельная сила горизонтального подрезания ножа;  $h$  - глубина резания;  $C_p = \frac{C_1 \sin(\alpha + \varphi)}{(n+1) \sin \alpha \cos \varphi}$  - коэффициент;  $\gamma_n$  - объемный вес почвы;

$n$  - показатель степени, зависящий от параметров и режимов резания.

Установленная закономерность изменения удельных сопротивлений в отдельных зонах позволяет прогнозировать и оценивать их влияние на общее удельное сопротивление при переходе к другим параметрам, условиям и режимам резания, оптимизировать их по критерию энергоемкости.

Установлено, что одни и те же факторы при одинаковых пределах изменения по-разному влияют на удельное сопротивление в отдельных зонах, нередко имеют и противоположный характер. Удельное сопротивление в зоне скалывания в 8-16 раз меньше чем в зоне всестороннего сжатия. Технологический процесс выравнивания с подготовкой почвы к посеву связан с образованием уплотненного

ложа. В связи с этим функция лезвия горизонтального ножа состоит в том, чтобы создавать и поддерживать в плоскости резания почвы такую концентрацию напряжений, которая приводила бы к образованию уплотненной прослойки. Влияние износа на процесс и сопротивление резанию характеризуется зонами смятия и сдвига, образуемыми поверхностью изношенного лезвия. Установлено, что процесс и закономерности изменения сопротивления обусловлены главным образом активной зоной, расположенной ниже нейтральной линии, где нормальные контактные напряжения достигают максимума, а касательные - равны нулю, т.е. той частью изношенной поверхности лезвия, которая производит смятие почвы. Правильное определение зон смятия и сдвига необходимо потому, что удельное сопротивление в первой зоне в десятки раз больше, чем во второй. На основе рассмотрения процесса взаимодействия почвы с профилем изношенного лезвия зона смятия

$$t_{см} = s \sin \gamma + 2\rho \sin \frac{\gamma + \varphi - \varphi_1}{2} \sin \frac{\varphi - \varphi_1 - \gamma}{2},$$

где  $\rho$  - радиус затупления режущей кромки;  $\varphi$  и  $\varphi_1$  - соответственно углы трения почвы о почву и о материал.

Когда изношенный профиль представляет собой острое лезвие с площадкой износа, т.е. когда  $\rho = 0$ , или  $s \gg \rho$

$$t_{см} = s \sin \gamma.$$

Дополнительное усилие резания, связанное с наличием затылочной площадки

$$P_{см} = K_{см} b \left( s \sin \gamma + 2\rho \sin \frac{\gamma + \varphi - \varphi_1}{2} \sin \frac{\varphi - \varphi_1 - \gamma}{2} \right).$$

В тех случаях когда режущий профиль представляет собой острое лезвие с площадкой износа

$$P_{см} = K_{см} b s \sin \gamma.$$

Удельное сопротивление резанию, вызванное износом, для указанных случаев имеет соответственно вид:

$$K_{з.п} = \frac{K_{см}}{h} \left( s \sin \gamma + 2\rho \sin \frac{\gamma + \varphi - \varphi_1}{2} \sin \frac{\varphi - \varphi_1 - \gamma}{2} \right);$$



$$K_{з.п} = \frac{K_{с.п}}{h} s \sin \gamma \quad (\text{для } \rho = 0),$$

или

$$K_{з.п} = \frac{K_{с.п} t_{с.п}}{h}.$$

Это означает, что с уменьшением отношения  $t_{с.п}/h$  влияние затылочной площадки на сопротивление резанию уменьшается.

Установлен различный характер влияния угла резания на сопротивление резанию ножа с затылочной площадкой на различных глубинах. Это объясняется неодинаковым влиянием на сопротивление передней поверхности ножа и затылочной площадки. При этом необходимую толщину у уплотненной прослойки можно обеспечить изменением угла резания  $\alpha$ . При увеличении угла резания на величину  $\Delta\alpha = \alpha_1 - \alpha$  возрастает сопротивление передней поверхности и уменьшается сопротивление смятию почвы за счет уменьшения угла  $\gamma$ .

Экспериментальными исследованиями установлено что, если для острого ножа при глубине резания  $h = 21$  см увеличение угла резания от  $30^\circ$  до  $50^\circ$  вызвало рост усилия резания на  $44,2\%$ , то для ножа с затылочной площадкой только на  $9\%$  (рис. 1). В последнем случае оптимальный угол резания находится в пределах  $35-40^\circ$  (для острого ножа он равен  $25-30^\circ$ ), т.е. минимальное значение сопротивления смещается в сторону большего угла резания.

При резании на малой глубине (в нашем случае  $h = 7$  см) увеличение угла резания в тех же пределах (от  $30^\circ$  до  $50^\circ$ ) мало изменяет усилие резания острым ножом, в то время как при резании ножом с затылочной площадкой усилие резания уменьшается на  $59,5\%$ .

При угле резания свыше  $50^\circ$  затылочная площадка не участвует в работе и функция  $R(\alpha)$  для ножа с затылочной площадкой изменяется также как и при резании острым ножом.

При резании тонких стружек, когда основная составляющая сопротивления связана с резанием лезвием, общее усилие мало изменяется с увеличением угла резания от  $30^\circ$  до  $50-60^\circ$ . При резании ножом с затылочной площадкой изменение угла  $\alpha$  в этих же пределах приводит к уменьшению усилия резания за счет резкого снижения зоны смятия в то время, когда усилие на передней поверхности мало возрастает. С технологических условий применение затылочной площадки с целью образования плотного ложа для семян является

целесообразным. В связи с этим в конструкции комбинированного выравнивателя почв предусмотрена возможность регулировки угла резания  $\alpha$ , что позволяет обеспечить, в зависимости от типа и состояния почвы, требуемую толщину и плотность прослойки для ложа семян.

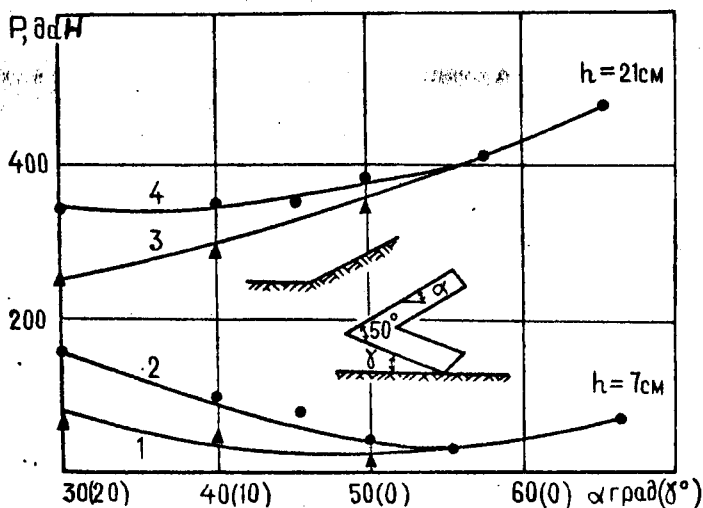


Рис. 1. Зависимость усилия от угла при резании острым ножом (1,3) и ножом с затылочной площадкой (2,4) ( $b = 25$  см,  $S = 20$  мм, почва - суглинок)

Суммарное тяговое сопротивление отвалов выравнивателя

$$P_{от} = P_{2.n} + P_{3.n} + P_n,$$

где  $P_{2.n}$ ,  $P_{3.n}$ ,  $P_n$  - соответственно сопротивление резания почвы горизонтальным ножом, затылочной площадкой, перемещения почвы отвалом.

Сопротивление резания почвы горизонтальным ножом

$$P_{2.n} = k b + C_p b h^{n+1} + \frac{\gamma_n b h^2}{\sin \alpha} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi).$$

Сопротивление затылочной площадки

$$P_{з.п} = k_{см} b s \sin \gamma.$$

Сопротивление на перемещение почвы отвалом выравнивателя

$$P_n = \frac{s_{ср} \ell k_p}{2 \cos \alpha_1 (1-M)} \gamma_n f_1 [\sin(\alpha_1 + \phi) + f \cos \phi \cos \alpha_1].$$

Подставив составляющие тягового сопротивления, получим суммарное тяговое сопротивление отвалов выравнивателя

$$P_{от} = 2 \left\{ k_1 b + C_p b h^{n+1} + \frac{\gamma_n b h^2}{\sin \alpha} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + k_{см} b s \sin \gamma + \frac{s_{ср} \ell k_p}{2 \cos \alpha_1 (1-M)} \gamma_n f_1 [\sin(\alpha_1 + \phi) + f \cos \phi \cos \alpha_1] \right\}.$$

Данное уравнение позволяет определить влияние отдельных элементов отвала - горизонтального ножа, затылочной площадки, отвальной поверхности на суммарное тяговое сопротивление с учетом зон скалывания и всестороннего сжатия.

Результаты исследований влияния толщины срезаемого слоя (глубины резания) на суммарное тяговое сопротивление отвалов выравнивателя и отдельные его составляющие для минеральной почвы представлены на рис.2. Из графика следует, что характер изменения суммарного сопротивления отвалов от глубины зависит от вида изменения каждой составляющей от этого фактора. Составляющая сопротивления, связанная с наличием затылочной площадки, остается постоянной и практически не зависит от глубины резания. При малой глубине  $P_{з.п}$ ,  $P_n$  имеют вид прямых, с увеличением глубины резания эти зависимости переходят в кривые (имеющие характер степенной функции). Так, увеличение глубины от 2 до 10 см вызывает увеличение суммарного тягового усилия от 3,6 до 15,4 кН. В результате проведенных экспериментальных исследований установлено что усилие, связанное с перемещением почвы отвалом, составляет 42...49 % в суммарном тяговом сопротивлении, усилие на резание почвы горизонтальным ножом - 22...41 %, усилие, связанное с действием затылочной площадки - 36...10 %, при увеличении

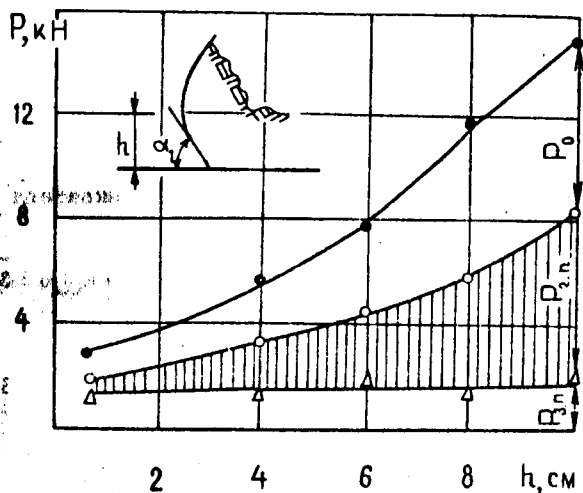


Рис. 2. Характер изменения суммарного тягового сопротивления отвалов выравнивателя  $P$  и его составляющих  $P_0$ ,  $P_1$ ,  $P_2$  от толщины срезаемого пласта  $\alpha = 50^\circ$ ,  $\rho_s = 200$  см,  $v = 1,1$  м/с, почва-суглинок ( $C = 5$ )

толщины среза от 2 до 10 см.

В четвертой главе "Обоснование рабочих органов активного действия комбинированного выравнивателя почв" рассмотрены вопросы взаимодействия активных рабочих органов с почвой; определены их параметры, а также зависимости их энергетических и качественных показателей от типа ротационных рабочих органов и режимов работы.

Для обеспечения устойчивого протекания технологического процесса выравнивания почвы комбинированным рабочим органом важно обосновать оптимальные параметры шнекового рабочего органа при

условии исключения сгруживания почвы в наиболее опасном сечении между торцами пассивных рабочих органов. Условием отсутствия сгруживания почвы является возможность реализации шнеками равной или большей производительности ( $Q_n = Q$ ) при транспортировке почвы, которая срезана пассивными рабочими органами и не использовалась для заполнения впадин при выравнивании поверхности поля. Исходя из этого условия, получено выражение для определения угла наклона винтовой линии витка шнека

$$\operatorname{tg} Q = \frac{g \cos \varphi_1 + \frac{v_{0,n}^2}{R} f_2 \sin(\psi - \varphi_1)}{g \sin \varphi_1 + \frac{v_{0,n}^2}{R} f_2 \cos(\psi - \varphi_1)},$$

где  $Q$  - угол подъема винтовой линии шнека;  $\varphi_1$  - угол трения;  $v_{0,n}$  - окружная скорость почвы;  $R$  - радиус шнека;  $f_2$  - коэффициент трения почвы по поверхности отвала;  $\psi$  - угол наклона траектории частицы к оси шнека.

Полученное выражение характеризует конструкционный параметр шнекового рабочего органа в зависимости от его кинематического режима  $\psi$ ,  $v_{0,n}$  и условий работы  $\varphi_1$ ,  $f_2$ .

Определен показатель кинематического режима работы шнекового рабочего органа

$$\lambda = \frac{v_{0,ш}}{v_{агр}} = \operatorname{ctg} Q + \operatorname{tg} \psi,$$

где  $v_{0,ш}$  - окружная скорость шнека;  $v_{агр}$  - поступательная скорость агрегата;  $Q$  - угол подъема винтовой линии шнека;  $\psi$  - угол между траекторией почвы и осью шнека.

При работе выравнивателя возможно три варианта соотношения между  $\lambda$  и  $\operatorname{ctg} Q + \operatorname{tg} \psi$ ;

-  $\lambda < \operatorname{ctg} Q + \operatorname{tg} \psi$  - в этом случае будет происходить сгруживание почвы перед шнеками, что повлечет за собой увеличение тягового сопротивления выравнивателя и возрастание крутящего момента на шнеках;

-  $\lambda = \operatorname{ctg} Q + \operatorname{tg} \psi$  - при таком режиме работы будет происходить плавное врезание витков шнека в почвенную призму, при этом обеспечивается наиболее благоприятный режим работы отвально-шнекового

рабочего органа;

$\lambda > \text{ctg} Q + \text{tg} \phi$  - шнек будет разрывать почвенный поток на отдельные порции и отбрасывать их назад, что ведет к нерациональной затрате энергии, при этом шнек работает в режиме фрезерования. Установлена формула для определения суммарной мощности, потребляемой шнеками:

$$N_{\text{шп}} = \xi z c k_{\text{ш}} b h_{\text{ф}} \omega_{\text{ш}} R + m \omega_{\text{ш}}^2 c R \frac{\sin(Q + \varphi_1)}{\cos \varphi_1} \left[ g \sin Q + \frac{v_{\text{о.п}}^2}{R} f_2 \cos(\psi - Q) \right] + \frac{m_c v^2}{2};$$

где  $\xi$  - коэффициент, связанный с разрыхлением почвы;  $z$  - число режущих кромок шнекового рабочего органа;  $c$  - число шнековых рабочих органов;  $k_{\text{ш}}$  - удельное сопротивление фрезерования шнеком;  $h_{\text{ф}}$  - глубина фрезерования;  $\omega_{\text{ш}}$  - угловая скорость шнека;  $R_{\text{ш}}$  - нормальная реакция витка шнека на почву;  $R$  - радиус шнека;  $m_c$  - масса почвы, отбрасываемая шнеком в единицу времени.

Экспериментальными исследованиями установлено (рис.3) что, при работе отвально-шнекового рабочего органа на минеральной почве необходимая тяговая мощность снижается в 1,7-1,8 раза по сравнению с применением только отвального рабочего органа. Объясняется это тем, что при работе отвального рабочего органа впереди него образуется большая призма волочения чем при совместной работе отвала и шнека, что вызывает дополнительное увеличение тяговой мощности.

Исследования подтвердили, что во всех почвенных условиях применение шнеков в конструкции выравнивателя активно-пассивного действия способствует снижению необходимой мощности. Таким образом полученные данные показывают, что применение шнековых рабочих органов в конструкции выравнивателя целесообразно в том случае, если

$$N_{\text{т.ш}} + N_{\text{ш}} < N_{\text{т}},$$

где  $N_{\text{т.ш}}$  - тяговая мощность отвально-шнековых рабочих органов;  $N_{\text{ш}}$  - мощность на привод шнеков;  $N_{\text{т}}$  - тяговая мощность отвальных рабочих органов.

Закономерность влияния скорости на сопротивление резанию

почвы обусловлена релаксационными свойствами последней.

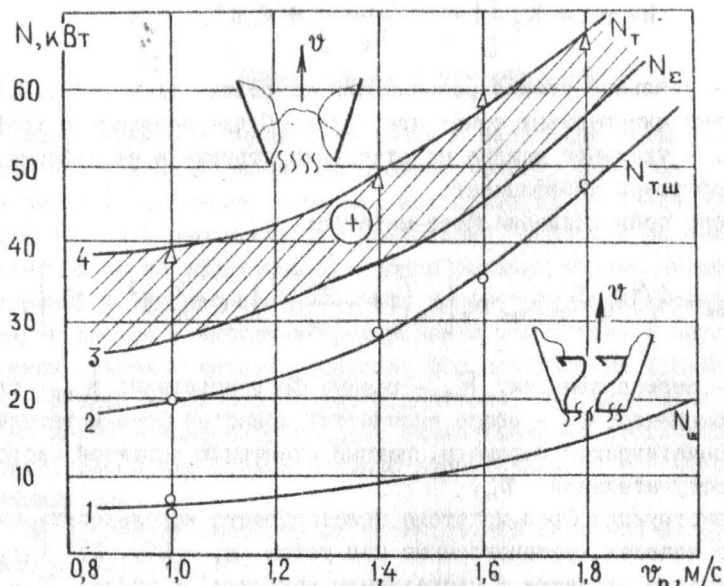


Рис.3. Зависимость необходимой мощности для отвально-шнековых рабочих органов выравнивателя от рабочей скорости: 1 - мощность на привод шнеков  $N_n$ ; 2 - тяговая мощность при наличии шнеков  $N_{n\psi}$ ; 3 - суммарная мощность  $N_n$ ; 4 - тяговая мощность при отсутствии шнеков  $N_T$  ( $n_{шн} = 373$  мин<sup>-1</sup>,  $B = 3,6$  м, почва - суглинок)

Если время релаксации значительно больше времени действия нагрузки, при деформировании происходит процесс накопления энергии; система становится неуравновешенной и оказывает тем больше сопротивление, чем резче ее состояние отличается от равновесной. Если время релаксации намного меньше времени действия нагрузки, накопление энергии не происходит. При этом внутренние процессы успевают следовать за изменением состояния структуры почвы. В этом случае скорость деформации не влияет на сопротивление, оказываемое дисперсной системой рабочим органом. Характер зависимости в значительной степени зависит от отношения  $v/v_n$ , где  $v_n$  - скорость распространения напряжений,  $v$  - скорость резания.

При взаимодействии фрез-метателя с предварительно разрушенной почвой при скорости резания 7...11 м/с удельное сопротивление

деформации почвы

$$K(v) = K_0 \left[ 1 + \frac{K_p(v)}{K_0} \right] + \varepsilon v^2,$$

где  $K_0$  - удельное усилие резания при скорости  $v = 0, 1 \dots 0, 15$  м/с для связных минеральных почв; при  $v \rightarrow 0$  для песчаных и торфяных;  $K_p$  - удельное усилие на отделение стружки и ее деформацию;  $\varepsilon$  - скоростной коэффициент.

Момент сопротивления фрез-метателя

$$M_{\text{фр}} = 4/3 b_{\text{л}} R_{\text{ф}} h_{\text{фр}} n_z \left[ K_0 \left( 1 + \frac{K_p(v)}{K_0} \right) + \varepsilon v_n^2 (\lambda^2 + 1) \right],$$

где  $b_{\text{л}}$  - ширина лопасти;  $R_{\text{ф}}$  - радиус фрез-метателя;  $h_{\text{фр}}$  - глубина фрезерования;  $n_z$  - общее количество лопастей фрез-метателя;  $\lambda$  - кинематический параметр, равный отношению окружной скорости  $v_0$  к поступательной  $v_n$ .

В конструкции фрез-метателя целесообразно использовать цилиндрические лопасти, установленные под углом  $\alpha_{\text{л}} = 20 \dots 25^\circ$  ( $\alpha_{\text{л}}$  - угол установки лопасти к направлению движения) и углом  $\gamma = 2 \dots 7^\circ$  ( $\gamma$  - угол установки лопасти к радиусу).

Оптимальные значения окружных скоростей при работе на минеральных почвах 7,5...8, на торфяных 9,5...10 м/с. Исследованиями установлено, что при установившемся режиме работы роторного фрез-метателя, наибольший удельный вес (86,1-95,2 %) в балансе мощности имеет составляющая мощности на фрезерование и сбрасывание почвы.

В пятой главе "Практические результаты выполненных исследований" изложены данные испытаний опытных образцов комбинированного выравнивателя, определена эффективность их применения в агрегате с трактором Т-150К. Разработана конструкция комбинированной машины МКП-3,6 с отвально-шнекороторным рабочим органом, которая прошла опытные и хозяйственные испытания на полях экспериментальной базы ЦНИИМЭСХ "Ждановичи" Минского района и в хозяйствах Бешенковичского района Витебской области.

Машина МКП-3,6 на минеральных и торфяно-болотных почвах обеспечивает качественное выравнивание и предпосевную подготовку посева: накопление влаги в почве, улучшение водно-воздушного режима. Прибавка урожая сельскохозяйственных культур составляет



15...23 % (овес, ячмень, рапс и др.).

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Выравнивание и подготовка почвы в настоящее время выполняется однооперационными машинами многопроходного действия с пассивными рабочими органами, которые, как правило, не обеспечивают агротехнических и экологических требований особенно на связных почвах. Одним из эффективных методов решения задачи повышения качественных и технико-экономических показателей подготовки почв к посеву является совмещение предпосевной подготовки и выравнивания в едином технологическом процессе. Оно основано на применении рабочих органов активно-пассивного действия, что позволяет значительно интенсифицировать процесс выравнивания и предпосевной подготовки, расширить функциональные характеристики комбинированного выравнивателя.

На основании выполненных исследований получены следующие основные результаты.

1. Обоснован технологический процесс одновременного выравнивания с предпосевной подготовкой минеральных и торфяно-болотных почв за один проход с учетом создания оптимальных условий для роста и развития растений (образование уплотненного ложа и верхнего мульчирующего слоя) и требований энергосбережения на основе применения комбинированного отвально-шнекороторного рабочего органа.

2. Установлено, что сочетание пассивных и активных рабочих элементов комбинированного выравнивателя обеспечивает снижение энергозатрат до 32 % по сравнению с комплексом однооперационных машин, при этом повышается эффективность предпосевной подготовки почв.

3. Определен баланс мощности комбинированного выравнивателя, учитывающий структурно-функциональную связь между пассивными и активными элементами рабочего органа. Соотношение между мощностью, приходящейся на пассивные отвалы и активные рабочие органы, составляет на минеральной почве 1,43...1,68, на торфяной 1,03...1,21.

4. Разработана математическая модель тягового сопротивления комбинированного выравнивателя, учитывающая основные его пара-

метры, условия резания и силовую связь между отдельными его рабочими элементами. При оптимальном взаиморасположении отвалов и шнекового рабочего органа тяговое сопротивление выравнивателя снижается на 25-33 % по сравнению со случаем функционирования отдельно пассивных отвалов.

5. Установлены оптимальные линейные и угловые параметры пассивного рабочего органа комбинированного выравнивателя почв для работы на минеральных и торфяных почвах: угол установки в плане пассивных рабочих органов  $40-43^{\circ}$  для минеральных и  $32-34^{\circ}$  для торфяных почв, угол резания  $35-45^{\circ}$ ; при агрегатировании с трактором Т-150К ширина захвата 3,6 м. Оптимальные рабочие скорости 5-8 км/ч.

6. Обоснована из технологических требований целесообразность применения затылочной площадки для образования уплотненного ложа и ее оптимальные параметры: ширина затылочной площадки  $S = 20$  мм, угол наклона ее к плоскости резания  $\gamma = 20^{\circ}$ .

7. Исследован характер влияния скорости резания на энергетические и качественные показатели комбинированного выравнивателя. Определены оптимальные значения окружной скорости метателя при обработке минеральных 7,5-8 м/с, торфяно-болотных 9,5-10 м/с.

8. Применение комбинированного выравнивателя почв (а.с. 1528347) позволяет при обработке пласта многолетних трав повысить производительность труда на 25,2 %, затраты энергии снижаются на 27,4 %, а металлоемкость в 1,7 раза по сравнению с комплексом однооперационных машин.

9. Полученные результаты использованы СКТБ с ОП ЦНИИМЭСХ при разработке комбинированной машины МКП-3,6. Опытные образцы изготовлены СКТБ с ОП НПО "Белсельхозмеханизация".

10. Испытания комбинированной машины МКП-3,6, проведенные в почвенных условиях Бешенковичского района Витебской области (совхоз им. Романова, колхозы "Ленинский путь", "1 Мая", "Дружба", им. Димитрова, им. Фрунзе), показали, что ее применение обеспечивает (по данным Бешенковичского АПО) повышение урожая зерновых на 12,5...23 %, рапса на 29,4 %, свеклы на 18,3...25,6 %, кукурузы на зеленый корм на 20,9...34,9 % по сравнению с набором машин по традиционной технологии.

Годовой экономический эффект от применения комбинированной машины МКП-3,6 на предпосевной подготовке почв по сравнению с традиционным комплексом машин составляет 1059 руб. на одну машину без учета прибавки урожая.

Основные научные результаты опубликованы в следующих работах:

1. К обоснованию выбора рабочих органов комбинированного агрегата для предпосевной обработки мелиорированных торфяно-болотных почв // Технологические основы механизации обработки почвы и посева сельскохозяйственных культур комбинированными машинами: Сб. науч. тр. / ВСХА. - Горки, 1987. - С. 76-78. (соавтор - Г.П.Солодухин).

2. К обоснованию параметров рабочих органов комбинированного агрегата для предпосевной обработки торфяно-болотных почв // Повышение качества обработки почвы и посева сельскохозяйственных культур комбинированными машинами: Сб. науч. тр. / ВСХА. - Горки, 1988. - С. 55-60 (соавторы Г.П.Солодухин, Н.А.Шпаковский).

3. Влияние выровненности мелиорированных почв при предпосевной обработке на урожайность зерновых культур // Механизация обработки почвы и посева при интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур: Сб. науч. тр. / ВСХА. - 1989. - С. 61-65 (соавтор Н.А.Шпаковский).

4. Предлагаем новые машины для выравнивания микрорельефа поля. // Мелиорация и водное хозяйство. - 1988. - №7. - С. 41-44 (соавторы О.М.Мацепуро, Н.А.Шпаковский).

5. А.с. I463157 (СССР). Способ разбросного посева сельскохозяйственных культур и устройство для его осуществления. - Оpubл. в Б.И. - 1989. - №9 (соавторы О.М.Мацепуро, Н.А.Шпаковский).

6. А.с. I528347 (СССР). Выравниватель почвы. - Оpubл. в Б.И. - 1989. - №46 (соавторы О.М.Мацепуро, Н.А.Шпаковский).



Подписано к печати 31.03.92г. Тираж 100 Заказ № 76 Бесплатно  
Отпечатано на ротопринтере ЦНИИМЭСХ. 220610, Минск, Кнорина, I.