

На правах рукописи

Терпиловский Евгений Юрьевич



**Параметры и режимы работы
снегопахотных агрегатов**

Специальность 05.20.01 - технологии и средства механизации
сельского хозяйства

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Оренбург -2004

Работа выполнена в Целинном НИИМЭСХ и в Костанайском государственном университете им. А. Байтурсынова.

Научный руководитель: доктор технических наук,
профессор М. М. Константинов

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор В.И.Квашенников
кандидат технических наук,
доцент В.А.Семченко

Ведущая организация: департамент агропромышленного
комплекса Оренбургской области

Защита состоится 26 ноября 2004 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета Д.220.051.02 при Оренбургском государственном аграрном университете

Адрес: 460795, ГПС, г. Оренбург, ул.Челюскинцев, д. 18, ОГАУ, диссертационный совет

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Оренбургского государственного аграрного университета.

Автореферат разослан 25 октября 2004 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



М. М. Константинов

Общая характеристика работы

Актуальность. В условиях Северного Казахстана при возделывании сельскохозяйственных культур основным фактором, ограничивающим устойчивое развитие растений, является влажность почвы. Среднегодовое количество осадков в зоне колеблется в пределах 250-450 мм, причем в зимний период выпадает 80-100 мм. Большое значение, для получения всходов и формирования урожая имеют зимние запасы влаги, зависящие от проведения мероприятий по накоплению снега на полях.

В условиях рыночных отношений, при значительном удорожании стоимости энергетических средств, горюче-смазочных материалов и сельхозмашин в Северном Казахстане не соблюдаются технологии по возделыванию сельскохозяйственных культур, предусматривающих проведение влагосберегающих технологических операций.

При проектировании средств механизации, в основном, создаются снегопахотные агрегаты, отличающиеся значительной металлоемкостью с большой шириной захвата, что увеличивает энергетические затраты и стоимость снегозадержания.

При рассмотрении вопросов взаимодействия преград со снеговоздушным потоком недостаточное внимание уделено процессу образования самой преграды, от которой зависит снегонакопление на полях.

В связи с этим возникает необходимость оптимизации параметров снегопахотных агрегатов, обеспечивающих благоприятные условия для снегонакопления с наименьшими материальными затратами.

Цель исследований. Повышение производительности и эффективности снегопахотных агрегатов на основе совершенствования снегопахов и способов их агрегатирования.

Объект исследования. Технологический процесс нарезки снежных валков снегопахами плужного типа.

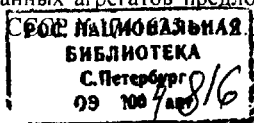
Предмет исследования. Закономерности изменения высоты валка и снегоемкости при различном состоянии снежного покрова и изменяемых параметрах снегопахотных агрегатов.

Научная новизна. В результате теоретических и экспериментальных исследований разработана математическая модель процесса образования валка с учетом изменяемых параметров снегопахотных агрегатов и состояния снежного покрова. Обоснованы конструктивные параметры и режимы работы предложенных конструкций снегопахотных агрегатов.

Практическая значимость работы.

1. На основании полученных закономерностей доказана возможность и целесообразность создания снегопахотных агрегатов шириной захвата не менее 60 м. Конструктивные элементы разработанных снегопахотных агрегатов защищены 5 а.с. на изобретение в СССР и могут быть использованы при конструировании снегопахов нового поколения.

2. Для повышения эффективности разработанных агрегатов предложено изобретение «Способ снежной мелиорации» (а.с. 11.1990 г.)



Внедрение. Опытные образцы прицепных снегопахов были изготовлены на Тогузакском механическом заводе в количестве 50 штук и использовались на снегозадержании в Костанайском и Боровском районах Костанайской области. Широкозахватные агрегаты использовались в трех совхозах Костанайской области. Снегопах СВС-3 и соединительные устройства для составления снегопахогных агрегатов прошли государственные испытания и рекомендованы к использованию в Северном Казахстане.

Апробация. Основные положения диссертационной работы представлены и доложены на заседаниях НТС ЦелинНИИМЭСХ, на научных конференциях ОГАУ, ЦелинНИИМЭСХ, Костанайского СХИ и Костанайского ГУ, на координационных совещаниях по проблеме повышения эффективности накопления зимних осадков. Разработанные снегопахотные агрегаты неоднократно демонстрировались на ВДНХ СССР и республики Казахстан.

Публикации. По материалам выполненных исследований опубликовано 23 статьи. Конструктивные элементы снегопахотных агрегатов и способ их применения защищены 6 авторскими свидетельствами на изобретения.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов и предложений, списка использованных источников (106 наименований) и приложения.

Работа содержит 140 страниц машинописного текста, 12 таблиц, 35 рисунков и 10 приложений.

Содержание работы

Во введении отмечается влияние снежного покрова на хозяйственную деятельность человека. Обосновывается актуальность снегозадержания, имеющего вековую историю.

В первой главе «Состояние вопроса и задачи исследования» дан анализ характерных условий проведения снегонакопительных мероприятий. Приведены данные о влиянии снегозадержания на накопление влаги и урожайность сельскохозяйственных культур.

Большой вклад в изучение процесса снегопереноса и аккумуляции снега внесли ученые А.К. Дюнин, Г.Д. Рихтер, П.П.Кузьмин, Г.В. Бялобженский, Д.М. Мельник, А.М. Шульгин и др. Исследования технологического процесса и орудий для снегозадержания проводили Д.А. Глейберзон, М.К. Кузнецова, А.П. Грибановский, В.С. Громов, Н.В. Красношкое, В.Е. Ковтунов, И.Т. Ковриков, Т.Т. Нужное, А.С. Буряков, Н.И. Фолькер, А.П. Спирин, Н.А.Уфиркин, М.Е. Черепанов, Р.Э. Галиев и др.

Существующая технология механизированного снегозадержания, применяемая на большей части территории Казахстана и России, базируется на способе образования снежной преграды с помощью двух отвалов.

В результате анализа существующей технологии и применяемых агрегатов установлено, что за последние 20 лет значительно возросла энергоемкость механизированного снегозадержания.

Так, в годы освоения целинных и залежных земель применяли снегопахотный агрегат, состоящий из трактора ДТ-54А и двух риджерных снегопахов, нарезающих валки на расстоянии 8-10 м.

В настоящее время на снегозадержании в Северном Казахстане используются, в основном, агрегаты, состоящие из трактора К-701 и снегопахов, образующего два валька на расстоянии 4–5 м.

В сравнении с другими технологическими операциями на снегозадержании наблюдается низкий коэффициент использования тягового усилия трактора из-за отсутствия надежных способов агрегатирования прицепных снегопахов на снежном покрове со значительной вариацией толщины снега.

Анализ литературных данных и патентный поиск показал, что основные способы и устройства для снегонакопления направлены, в основном, на повышение эффективности путем создания металлоемких и гидрофицированных машин, выполняющих одновременно или раздельно несколько технологических операций (уплотнение снега, образование снежных преград, внесение жидких удобрений, очистка дорог от снега)

На основании анализа литературы и постановочных опытов было высказано предположение, что эффективность снегозадержания можно повысить путем более частого формирования на каждом поле шероховатой поверхности, чередующихся с гладкой необработанной поверхностью. Это позволит создать зоны аккумуляции и дефляции снега на каждом поле, которые будут меняться местами после очередного снегозадержания. Учитывая существенное влияние глубины снега на тяговое усилие тракторов, тяговое сопротивление снегопахов и значительную вариацию глубины на каждом поле была выдвинута следующая научная гипотеза:

«Снегопахотный агрегат должен состоять из нескольких тракторов, перемещающихся по полю параллельно, соединенных с прицепными снегопахами, образующих вальки на расстоянии по ширине захвата, соответствующего зоне действия эффективной высоты валков, с максимальным расстоянием по ходу движения, обеспечивающем их расположение на разной глубине снега».

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи исследований:

- определить влияние двухотвальных и одноотвальных снегопахов на процесс образования снежной преграды и тяговое сопротивление при разной глубине снежного покрова;
- разработать и обосновать параметры соединительных устройств для составления высокопроизводительных снегопахотных агрегатов с учетом состояния снежного покрова;
- разработать схему универсального снегопаху, повышающего работоспособность снегопахотных агрегатов;
- провести хозяйственные и государственные испытания разработанных снегопахов и способов их агрегатирования с определением технико-экономических показателей работы, дать предложения производству.

Во второй главе «Теоретические основы совершенствования снегопахотных агрегатов» на основании исследования образования валька определено влияние различных факторов на эффективную высоту валков и снегоемкость образуемых преград, получена математическая модель определения основных

параметров снегопахотных агрегатов, состоящих из двух тракторов, соединенных с прицепными снегопахами с помощью гибкого троса и жестких сцепок.

Основная цель снегозадержания в Северном Казахстане (по данным КазНИИЗХ) - накопление к концу зимы на поверхности полей от 0,37м до 0,55м снега. Фактически на полях средняя глубина снега составляет 0,15м—0,20м, что явно недостаточно для весеннего промачивания почвы после схода снега.

Основными факторами увеличения глубины снега на полях являются осадки и аккумуляция снега на полях за счет создания шероховатой поверхности. С помощью снежных преград и выемок, взаимодействующих со снеговоздушным потоком при проявлении метелей и поземки, увеличивается толщина снежного покрова. Запасы влаги в снегоотложениях можно определить по зависимости, предложенной Г.В. Бялобженским:

$$W_v = 10d[\beta(n-1)H_b L_b + 10H_b^2], \quad (1)$$

где d - плотность снега, кг/м³; H_b - высота валков, м; L_b - расстояние между валками, м; n - количество валков; β - коэффициент заполнения промежутков между рядами.

Анализ формулы (1) свидетельствует о том, что наиболее значимое влияние на запасы влаги оказывает высота образуемых валков, зависящая от толщины обрабатываемого снежного покрова и параметров снегопахов.

При движении снегопахов, состоящих из двух отвалов, образуется снежная преграда (см. рис. 1), имеющая треугольную форму.

Размеры образуемых валков определяются по равенству обрабатываемой площади снежного покрова и образуемой преграды:

$$(B-b)h_{снр} = \frac{H_{b1}b_1}{2} - Bh_{снр}, \quad (2)$$

где B - ширина захвата снегопахов, м; b - расстояние между отвалами снегопахов, м; H_{b1} - высота вала, уменьшенная на величину защитного слоя, остающегося после прохода снегопахов, м; $h_{снр}$ - расчетный слой глубины снега, равный фактической глубине, уменьшенной на величину защитного слоя, зависящего от ширины захвата, м; b_1 - ширина образуемой снежной преграды, м.

При малой глубине снега образуется двойной валок, высоту которого можно определить по формуле:

$$(B-b)h_{снр} = h_{снр}^2 ctg\alpha + \frac{h_3 b}{2} \quad (3)$$

где h_3^2 - эффективная высота вала, м; α - угол естественного откоса снега.

Выражение (3) позволило определить глубину снежного покрова и эффективную высоту раздвоенного вала, которая для снегопахов СВУ-2,6А составляет соответственно 0,06м и 0,14м.

Сечение вала, изображенное на рис. 16, является рациональным, так как большая часть вала расположена над поверхностью снега и его размеры определяются по следующим формулам:

$$h_{\text{снр}} = \frac{(B-b) \pm \sqrt{(B-b)^2 - 1g\alpha b^2}}{2\text{ctg}\alpha}, \quad (4)$$

$$h_3 = \frac{2[(B-b)h_{\text{снр}} - h_{\text{снр}}^2 \text{ctg}\alpha]}{b} \quad (5)$$

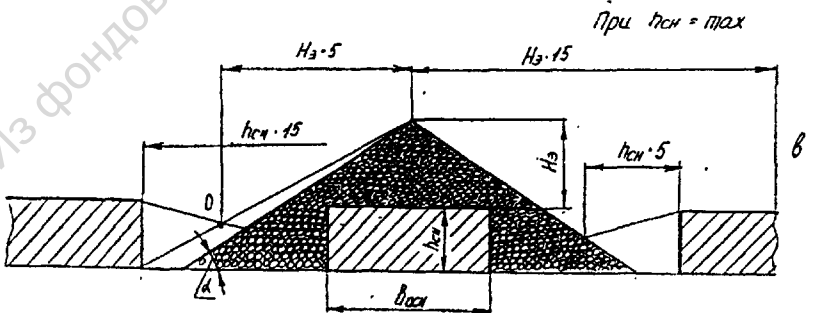
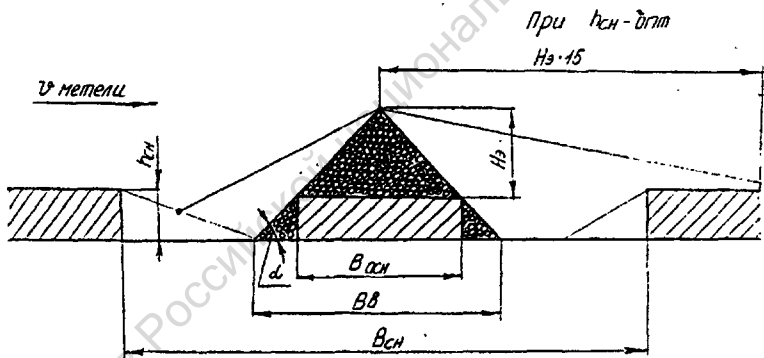
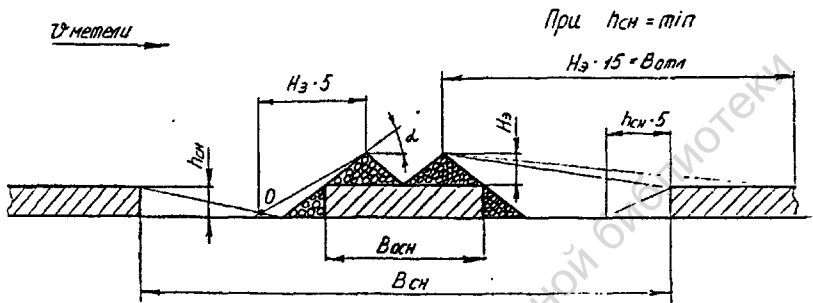
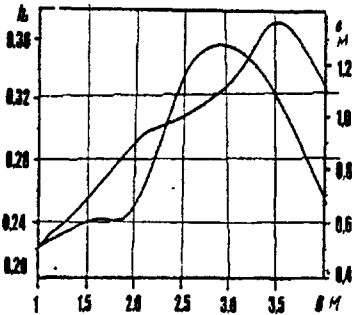


Рис. 1. Схемы валков, образуемых снегопаками при разной глубине снега

Для серийного снегопаха СВУ-2,6А, имеющего глубину защитного слоя 0,03м, рациональный валок высотой 0,28м образуется при глубине снега 0,1м. Выражения (4 и 5) позволили определить при различной ширине захвата снегопаха расстояние между отвалами и эффективную высоту валка при средней глубине обрабатываемого снега 0,15м, при которой, согласно



исходным требованиям, проводится первое снегозадержание (см.рис.2)

Из рис. (2) можно сделать вывод о том, что повышение эффективности снегозадержания можно достигнуть за счет модернизации прицепного снегопаха путем увеличения ширины захвата до 3 м и расстояния между отвалами до 1,13 м.

Рис. 2. Влияние ширины захвата снегопаха (B) на эффективную высоту валка (h_3) и расстояние между отвалами (b) при $h_{сн} = 0,15$ м. Для нахождения эффективной высоты валка при глубине снега более 0,15 м преобразуем выражение (2), подставив значение b_i и H_{b_i} , и получим зависимость:

$$h_3 = \sqrt{B h_{сн p} \operatorname{tg} \alpha - h_{сн p}}. \quad (6)$$

Важным технологическим показателем работы снегопаха является отношение высоты валка к глубине снега, которое определяли по формуле:

$$K_B = \frac{\sqrt{B h_{сн p} \operatorname{tg} \alpha}}{h_{сн p}}. \quad (7)$$

Расчеты показывают, что наибольший прирост эффективной высоты и коэффициента K_B наблюдается при увеличении ширины захвата снегопаха до 3 м.

Альтернативным вариантом двухотвальных снегопахов, образующих валок между отвалами, являются одноотвальные снегоочистители и «угольники», позволяющие располагать валки по краям снегопаха и увеличивать зону действия обработанной поверхности на снеговоздушный поток.

Эффективную высоту валков одноотвальных снегопахов определяли по следующей зависимости:

$$h_3 = \sqrt{\frac{B h_{сн p} - 0,5 h_{сн p}^2 \operatorname{ctg} \alpha}{\operatorname{ctg} \alpha}}. \quad (8)$$

Расчеты высоты валков одноотвальных снегопахов с шириной захвата 0,9 м и 1,8, соответствующих ширине захвата одного и двух отвалов снегопаху СВУ-2,6А, представим в таблице 1.

Таблица 1

Эффективная высота валков при разной глубине снега			
Глубина снега, м	СВУ-2,6А	Одноотвальные снегопахи	
		0,9 м	1,8 м
0,1	0,35	0,20	0,28
0,15	0,35	0,26	0,38
0,2	0,38	0,30	0,46
0,3	0,43	0,36	0,55
0,4	0,43	0,40	0,63

Из таблицы следует, что одноотвальные снегопахи при равенстве обрабатываемых полос снега в сравнении с двухотвальными имеют большую эффективную высоту валков. Однако, во время движения одноотвальных снегопахов высота валков может существенно уменьшиться из-за колебаний снегопахов вокруг точки присоединения к сцепке.

Полученные зависимости позволили совершенствовать снегопахи путем увеличения ширины захвата снегопахов и установку отвалов для образования валков по краю снегопахов.

Для создания благоприятных условий при взаимодействии снеговоздушного потока с шероховатой поверхностью, образуемой снегопахами, МТА должен обладать высокой производительностью, которая определяется по следующему выражению:

$$\Pi = dBh_{\text{сн}}v\tau,$$

где d - плотность снега, кг/м³; $h_{\text{сн}}$ - глубина снега, м; B - ширина обрабатываемой полосы снега, м; v - скорость движения, м/с; τ - коэффициент использования рабочего времени.

Анализ формулы (9) дает основание утверждать, что резкое увеличение производительности МТА можно достигнуть за счет ширины обрабатываемой полосы снега, которую определяли по формуле, предложенной Ю. К. Киртбая:

$$B = \sqrt{\frac{fN_e gLE_{\partial}}{N_y K_x K_{y\partial}}}, \quad (10)$$

где f - коэффициент сопротивления передвижению трактора; N_e - мощность двигателя, кВт; g - ускорение свободного падения, м/с²; L - длина гона, м; E_{∂} - коэффициент загрузки двигателя, зависящий от вариации тягового сопротивления; N_y - энергонасыщенность, кВт/кг; K_x - кинематическая характеристика агрегата; $K_{y\partial}$ - удельное сопротивление СХМ, Н/м.

Для производственных условий Северного Казахстана ширина обрабатываемой полосы снега может достигнуть и 100 м, если на поле будет равномерный снежный покров глубиной 0,15- 0,2 м.

В соответствии с выдвинутой гипотезой и предварительными исследованиями нами был предложен снегопахотный агрегат (а.с. СССР № 1218938, 1575957, 1595356), состоящий из двух тракторов, перемещающихся по полю параллельно, между которыми расположен гибкий трос, присоединенный к жесткой сцепке, имеющей шарнирное соединение с трактором. По внешним сторонам сцепок и на тросу установлены снегопахи, расстояние между которыми составляет 5 м. Общая ширина захвата агрегата зависит от количества снегопахов и составляет 50-70 м.

Для повышения тяговых возможностей были предложены снегоочистители колеи тракторов (а.с. СССР № 1493121, 1687038)

Важным условием устойчивого движения снегопахотного агрегата с расположением большого количества прицепных снегопахов между тракторами является равенство моментов тягового сопротивления снегопаха, присоединенного к жесткой сцепке с внешней стороны и снегопахов, соединенных с гибким тросом, состоящего из двух равных частей. Точка присоединения троса к сцепке определяется из выражения:

$$X_{пр,ч} = 0,5B_{сч} \left(1 - \frac{2}{n_{пр}} \right), \quad (11)$$

где $B_{сч}$ - ширина захвата сцепки, м; $n_{пр}$ - количество снегопахов на тросу, шт.

Для расположения тракторов и снегопахов на участках с разной глубиной снега целесообразно увеличивать расстояние между ними, используя гибкий трос, размещая снегопахи на тросу по параболической нити (см рис.3), имеющей уравнение:

$$y = ax^2, \quad (12)$$

где y - расстояние между снегопахами по ходу движения, м; a - коэффициент, определяемый расчетным путем; x - расстояние между снегопахами и серединой троса, м.

Из рис (3) следует, что возможно несколько вариантов размещения троса, существенно влияющих на длину и ширину агрегата.

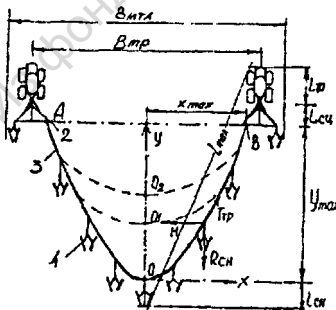


Рис. 3. Схема расположения 9 снегопахов в агрегате с двумя тракторами К-701

Расположение троса по кривой АОВ сопровождается увеличенным расстоянием между крайними точками МТА, трактором и снегопахом, соединенного с серединой троса.

Это расстояние определяется из выражения:

$$L_{\max} = \sqrt{\left(L_{mp} + L_{cy} + L_{cn} + \alpha X_m^2\right)^2 + \left[B_{cn}\left(\frac{n_{mp}-1}{2}\right) + 0,5B_{cy}\right]^2}, \quad (13)$$

где L_{mp} , L_{cy} , L_{cn} - длина трактора, сцепки, снегопаха, м; X_m - ширина захвата снегопахов на тросу, м.

$$X_m = b_{cn} \left(\frac{n_{mp}-1}{2}\right) + 0,5B_{cy} \left(1 - \frac{2}{n_{mp}}\right). \quad (14)$$

Расположение троса по кривой АОВ, соответствующей кривой окружности с радиусом равным половине ширины захвата снегопахов, расположенных на тросу, дает возможность определить значение коэффициента a :

$$a = \frac{Y_{\max}}{X_{\max}^2} = \frac{1}{X_m}. \quad (15)$$

Изображенная на рис. (3) парабола АОВ позволит уменьшить значения тягового сопротивления за счет увеличения коэффициента a и расстояния между снегопахами и тракторами.

Гибкий трос, состоящий из двух частей, соединенных в точке О с помощью специальной опоры, имеет длину каждой части, определяемую из выражения:

$$L'_{mp} = b_{cn_1} \sqrt{a^2 b_{cn_1}^2 + 1} + b_{cn_2} \sqrt{9a^2 b_{cn_2}^2 + 1} + b_{cn_3} \sqrt{25a^2 b_{cn_3}^2 + 1} + \sqrt{\left(Y_{\max} - Y_{cn_1}\right)^2 + B_{cy} \left(0,5 - \frac{1}{n_{mp}}\right)^2}. \quad (16)$$

Расположение троса по параболе дает возможность определить изменение тягового сопротивления в зависимости от параметров гибкого троса по следующим зависимостям:

$$T_{\max} = \sqrt{H^2 + Q^2}, \quad (17)$$

где O - суммарное сопротивление всех снегопахов, соединенных с тросом, Н; H - горизонтальная составляющая тягового сопротивления, максимальное значение которой равно:

$$H = \frac{QB_{mp}}{8Y_{\max}} = \frac{QX_{\max}}{4Y_{\max}}, \quad \text{Н} \quad (18)$$

После преобразований зависимость (17), характеризующая изменение тягового сопротивления, примет следующий вид:

$$T_{mp} = Q \sqrt{\left(\frac{X_{\max}}{4Y_{\max}}\right)^2 + 1}.$$

Результаты расчетов Y_{\max} , T_{mp} , L_{MTA} для агрегатов с разным количеством снегопахов при разных значениях коэффициента a приведем в таблице 2.

Таблица 2.

Характеристика снегопахотных агрегатов с различной шириной захвата

№ п/п	Количество Снегопахов		X _{max}	Показатели	Размерность	Значение коэффициента α				
	всего	На тросу				0,04	0,06	0,08	0,1	0,12
1	13	11	27	Y _{max} L _{max} T _{тр}	м м кН	29 70 1,03Q	44 80 1,01Q	58 92 1,006Q	73 104 ~ Q	87 116 ~ Q
2	11	9	22	Y _{max} L _{max} T _{тр}	М м кН	19 56 1,04Q	29 63 1,02Q	39 70 1,01Q	48 78 1,006Q	58 88 ~ Q
3	9	7	16,8	Y _{max} L _{max} T _{тр}	м м кН	11 44 1,07Q	17 48 1,03Q	23 52 1,02Q	28 56 1,01Q	34 62 1,007Q
4	7	5	11,5	Y _{max} L _{max} T _{тр}	м м кН	5 36 1,15Q	8 38 1,06Q	11 40 1,03Q	13 41 1,02Q	16 43 1,01Q

Из табл. 1 следует, что расположение гибкого троса по параболе $y = ax^2$, имеющих для агрегатов шириной захвата 70, 60, 50 и 40 метров значения коэффициента α соответственно 0,06, 0,08, 0,1 и 0,12, позволит определить длину троса и места крепления каждого снегопаха на тросу. Для этого первоначально определим расстояние между снегопахами по ходу движения, расположенных посередине и на тросу.

$$y_1 = ax_1^2, \quad y_2 = ax_2^2, \quad y_3 = ax_3^2 \quad \dots \quad (20)$$

где x_1, x_2, x_3 – расстояние между 1-м, 2-м и 3-м снегопахами, расположенными на тросу, от центрального снегопаха по ширине захвата. Точка крепления снегопахов на тросу определяется по следующим выражениям:

$$L_1 = \sqrt{y_1^2 + x_1^2}; \quad L_2 = \sqrt{(y_2 - y_1)^2 + (x_2 - x_1)^2};$$

$$L_3 = \sqrt{(y_3 - y_2)^2 + (x_3 - x_2)^2} \quad \dots \quad (21)$$

Принимая к сведению, что $x_2 = 2x_1, x_3 = 3x_1$, а x_1 – ширина захвата одного снегопаха, равная (согласно исходных требований) 5 м, формулы (21) будут иметь следующий вид:

$$L_1 = 5\sqrt{25a^2 + 1}; \quad L_2 = 5\sqrt{225a^2 + 1}; \quad L_3 = 5\sqrt{625a^2 + 1};$$

$$L_4 = 5\sqrt{1225a^2 + 1}; \quad L_5 = 5\sqrt{2025a^2 + 1} \quad (22)$$

Таким образом, расположение снегопахов на тросу зависит от их количества и коэффициента a , определяемого по данным табл. 1

Исследованиями установлено, что наибольшее влияние на изменение тягового усилия тракторов и тягового сопротивления снегопахов оказывает глубина снежного покрова. Важным условием повышения производительности снегопахотного агрегата является создание снегопахов, имеющих минимальное тяговое сопротивление и применение сцепных устройств с малой металлоемкостью.

По данным Бородачева А.И., тяговое сопротивление снегопахов зависит от ширины захвата снегопахов и его веса, глубины снега, коэффициента сопротивления резанию, коэффициентов внешнего и внутреннего трения снега и количества снега в призме волочения. Анализ работы серийных снегопахов СВУ-2,6 свидетельствует о том, что во время движения сопротивление может возрастать в 4-5 раз из-за забивания выходного «окна», особенно на уплотненном снежном покрове. Поэтому в предложенном снегопахе СВС-3 валкообразующие поверхности не имеют жесткой связи друг с другом. Каждый отвал имеет шарнирное соединение с тяговым устройством, позволяющим отвалу в зависимости от количества снега изменять расстояние между снежными отвалами и уменьшать сопротивление.

По результатам исследований, проводимых нами и другими исследователями на территории Северного Казахстана, установлена следующая зависимость тягового усилия тракторов и тягового сопротивления снегопахов от глубины снежного покрова:

$$P_{кр} = a - v h_{сн} - c h_{сн}^2, \text{Н} \quad (23)$$

$$R_{сн} = a^1 + v^1 h_{сн} + c^1 h_{сн}^2, \text{Н} \quad (24)$$

$$\text{где } h_{сн} = \frac{p_1 h_{сн_1}}{\Sigma p} + \dots + \frac{p_{12} h_{сн_{12}}}{\Sigma p}.$$

Ширину захвата предложенного снегопахотного агрегата определяли по следующей формуле:

$$B = \frac{2P_{кр} E_{шгросс}}{R_{сн} \text{удельн}}, \text{м} \quad (25)$$

где $P_{кр}$ - тяговое усилие трактора К-701, кН; $E_{шгросс}$ - коэффициент загрузки двигателя на снегозадержании, равный, по данным Грибановского А.П. - 0,65; $R_{сн} \text{удельн}$ - удельное сопротивление снегопахов кН/м

Предварительные расчеты показывают, что ширина захвата МТА при $h_{сн} = 0,12\text{м}$ составит 75м, при $h_{сн} = 0,15\text{м}-65\text{м}$, а при $h_{сн} = 0,2\text{м}-45\text{м}$.

В третьей главе «Программа и методика экспериментальных исследований» изложены условия проведения экспериментов, описаны макетные и

экспериментальные образцы, приведены методы измерения и обработки результатов опытов.

Программой исследований предусматривалось проведение следующих работ:

- исследование изменения высоты валка, отношения высоты валка к толщине снежного покрова и расстояния между валками при движении одноотвальных и двухотвальных снегопахов на полях с различной глубиной снежного покрова;
- проверка на адекватность теоретических расчетов геометрических параметров снежных преград;
- проектирование и изготовление макетных образцов прицепных, навесных одноотвальных, двухотвальных и четырехотвальных снегопахов, жестких, шарнирных и тросовых сцепок;
- сравнительные испытания предложенного снегопах СВС-3 и соединительных устройств СУ-60 с прицепными снегопахами СВУ-2,6 в хозяйственных условиях, на Целинной и Павлодарской МИС;
- определение влияния образованных снежных преград на накопление снега на полях.

Экспериментальные работы выполнялись в несколько этапов, предусматривающих изыскание возможностей повышения производительности и работоспособности снегопахотных агрегатов.

На первом этапе исследований определялись перспективные способы агрегатирования путем апробации в полевых условиях навесных и прицепных снегопахов, состоящих из двух и четырех отвалов, агрегатируемых с помощью серийных навесных и прицепных сцепок СН-75, СП-16, бесколесных сцепок СЗР- 02.000 (сцепка для сеялок СЗС-2,1), макетных образцов жестких сцепок с шириной захвата 5-10 метров и гибкого троса, расположенного между тракторами.

На втором этапе исследования проводились на макетных образцах снегопахов, позволяющих образовывать валок одним или двумя отвалами. Снегопах с двумя отвалами, образующих валок, имел три способа соединения с прицепным устройством. Первый способ предусматривал шарнирное соединение отвала с прицепом в одной точке, второй - соединение отвала с прицепным устройством в двух точках, третий - жесткое соединение отвалов друг с другом, позволяющих иметь формируемую камеру постоянного сечения.

Экспериментальные исследования проводились в характерных для Северного Казахстана условиях, имеющих ровные поля с наличием на поверхности поля снежного покрова со средней глубиной снега от 0,1 до 0,2 м в совхозах «Воронежский», «Затобольский», «Новонежинский», «Казахстанец» Костанайского, Федоровского и Семиозерного районов Костанайской области. Лабораторно-полевые и хозяйственные испытания проводились по методике, разработанной нами, позволяющей определить эффективную высоту валка и снегоемкость снежных преград, образуемых снегопахами.

Следующий этап - исследование макетных образцов снегопахотных агрегатов, состоящих из двух тракторов, перемещающихся по полю параллельно,

соединенных друг с другом с помощью жестких сцепок с асимметричными точками присоединения гибкого троса, расположенного между тракторами по параболе. При этом определялись агротехнические и эксплуатационные показатели и уточнялись параметры снегопахотного агрегата, разрабатывались устройства для соединения с гибким тросом прицепных снегопахов. Для повышения проходимости энергетических средств исследовались снегоочистители, имеющие отвалы серийного снегопаха. Проводились исследования по обоснованию технологии снегозадержания с использованием снегопахотных агрегатов с шириной захвата до 70 м.

Завершающий этап - государственные испытания универсального снегопаха СВС-3, соединительных устройств СУ-60 для агрегатирования с двумя тракторами до 13 снегопахов, позволяющих иметь ширину захвата 70 м. В течение ряда лет в Костанайской области использовались 3 широкозахватных агрегата на полях совхозов Костанайской области.

На основании анализа литературных источников и собственных исследований за параметр оптимизации была принята снегоемкость, которую определяли с учетом фактического распределения глубины снега, эффективной высоты валка и установленного расстояния между снегопахами по следующей формуле:

$$C_n = \frac{L_y B_y}{B_{сн}} \left[10h_{з1}^2 \frac{P_1}{\Sigma p} + 10h_{з2}^2 \frac{P_2}{\Sigma p} + \Sigma B_{сн} \left(h_{эн} \frac{P_n}{\Sigma p} - \frac{B_{сн}}{40} \right) \right], \quad (26)$$

где L_y , B_y - длина и ширина обработанного участка, м; $B_{сн}$ - расстояние

между валками, м; $\frac{P_n}{\Sigma p}$ - частота распределения эффективной высоты валка.

Эффективность снегопахотных агрегатов оценивали по удельным энергозатратам:

$$\mathcal{E} = \frac{E}{WC_n}, \quad (27)$$

где \mathcal{E} - снегоемкость снегозадержания, кВт/м; W - производительность МТА, га/ч.

Энергоемкость снегозадержания на единицу площади определяли по методике, предложенной В.А.Токаревым, предусматривающей энергетическую оценку по энергозатратам, затраченным на выполнение технологического процесса и на производство средств механизации по следующей формуле:

$$E = \left[q(Q_n + f_t) + \frac{M_t Q}{100} \left(\frac{a_t}{\Gamma_{nt}} + \frac{a_{t+ck}}{\Gamma_{st}} \right) + \frac{M_c Q_c}{100} \left(\frac{a_c}{\Gamma_{nc}} + \frac{a_{ct}}{\Gamma_{sc}} \right) + \frac{M_{cx} Q_{cx}}{100} \left(\frac{a_{cx}}{\Gamma_{ncx}} + \frac{a_{cx}}{\Gamma_{cx}} \right) \right] : W_{сн}, \quad (28)$$

где q_t - часовой расход топлива, кг/ч; Q_n - теплосодержание топлива, дж; f_t - коэффициент дополнительных затрат; M_t, M_c, M_{cx} - масса трактора, сцепки, СХМ, кг; Q_t, Q_c, Q_{cx} - затраты энергии на производство трактора, сцепки и

СХМ, кДж; a_t, a_c, a_{cx} - отчисления на реновацию трактора, сцепки, СХМ; $a_{ik}, a_{ii}, a_{ct}, a_{cxt}$ - отчисления на капитальный и текущие ремонты; $\Gamma_{nt}, \Gamma_{st}, \Gamma_{nc}, \Gamma_{sc}, \Gamma_{ncx}, \Gamma_{cx}$ - годовые загрузки трактора, сцепки, СХМ, ч.

Макетные и экспериментальные установки навесных и прицепных снегопахов изготовлялись на базе отвалов серийного снегопаха СВУ-2,6, а экспериментальные сцепки были изготовлены с использованием прицепных сцепок СП-16 и навесных сцепок СН-75. Для агрегатирования прицепных снегопахов с двумя тракторами использовались симметричные и асимметричные сцепки, расположенные между тракторами и гибким тросом, к которому присоединяли нечетное число снегопахов. Результаты измерений обрабатывались методами вариационной статистики и теории вероятности.

В четвертой главе «Результаты экспериментальных исследований» приведены данные о состоянии снежного покрова до и после снегозадержания, в том числе глубина снежного покрова и высота образующих снежных преград, их распределение по длине гона, плотность снега, которые позволили определить снегоемкость и запасы влаги в снежном покрове.

На первом этапе исследований анализировались потенциальные возможности различных способов составления широкозахватных агрегатов из навесных и прицепных снегопахов. Установлено, что навесные снегопахи значительно чаще передают на трактор динамические нагрузки, возникающие от мерзлых неровностей микрорельефа поля и больших колебаний снежного покрова по глубине.

Для уменьшения воздействия динамических нагрузок на отвалы снегопахов во время движения необходимо снегопахам представить возможность совершать колебательное движение вокруг точек присоединения. Это возможно при использовании в качестве сцепки гибкого троса и снегопахов, разгребающих снег.

При сравнительных испытаниях прицепных снегопахов СВУ-2,6А, СВС-3 и СВС-1,5, имеющих параметры отвалов снегопаха СВУ-2,6, установлено, что шарнирное соединение отвалов приводит к большей вариации ширины захвата, высоты валка и тягового сопротивления снегопахов. При этом уменьшается тяговое сопротивление и общая высота валка.

Отношение высоты валка, образованного снегопахом СВУ-2,6А, имеющего формируемую валок камеру постоянного сечения, к глубине снега (K_g) находится в пределах от 2,1 до 2,7 и зависит от глубины снега и скорости движения.

Установлена аналитическая зависимость коэффициента K_g от скорости движения снегопаха:

$$K_g = 2,42 + 0,4v - 0,09v^2, \quad (29)$$

где v - скорость движения, м/с.

Экспериментальные исследования позволили определить влияние скорости движения на высоту валков при различном состоянии поверхности поля.

При работе снегопаха на стерне, имеющей среднюю глубину снега 0,2 м, установлена следующая эмпирическая зависимость высоты валка:

$$h_3 = 0,2 + 0,003v - 0,0005v^2, \text{ м.} \quad (30)$$

На зяби, обработанной глубокорыхлителем, эта зависимость имеет следующий вид:

$$h_3 = 0,25 - 0,004v, \text{ м.} \quad (31)$$

На работе снегопаха с полужестким соединением отвалов с прицепным устройством коэффициент K_e находится в пределах от 1,9 до 2,5. Шарнирное соединение отвалов в одной точке приводит к колебанию коэффициента от 1,8 до 2,6. Следует отметить, что одноотвальный снегопах, изготовленный на базе одного отвала СВУ-2,6А, имеет коэффициент K_e в пределах от 1,5 до 2,5.

Аппроксимация результатов исследований позволили установить эмпирическую зависимость высоты валка от глубины снега при работе снегопаха СВС-3:

$$H_8 = 0,2 + 1,6h_{CH} - 0,02h_{CH}^2, \text{ м.} \quad (32)$$

Зависимость высоты валка для СВУ-2,6А следующая:

$$H_8 = 0,2 + 1,3h_{CH} - 0,007h_{CH}^2, \text{ м.} \quad (33)$$

Высота валка одноотвального снегопаха имеет прямолинейную зависимость:

$$H_8 = 0,24 + 0,6h_{CH}, \text{ м.} \quad (34)$$

Анализ зависимостей подтверждает данные об аналогичных изменениях высоты валка, образованных различными снегопахами.



Для расчета показателей качества работы снегопахов использовали метод расчета площади снежного покрова снега и высоты валка на расстоянии не менее 100 м с построением кривой фактического распределения этих показателей по накопленной частоте.

На рисунке представлены накопленная частота распределения снега, обработанного серийным снего-

Рис. 4. Распределение глубины снега и высоты пахом СВУ-2,6А, экспериментальным снегопахом СВС-3, позволяющим использовать снегопах при высоте валка снегопаха СВС-1,5; МН-высота валка снегопаха СВС-3; СР-высота валка СВУ-2,6.

глубине снега более 30 см. Кроме того, сравнительные испытания проводились с одноотвальным снегопахом СВС-1,5, который может использоваться самостоятельно и в агрегате с симметричным одноотвальным снегопахом для образования общего валка (по схеме СВС-3).

Установлено, что применение предлагаемых шарнирных двухотвальных снегопахов СВС-3 сопровождается увеличением площади снежного покрова на 18,4 м², а одноотвального- на 14,4 м². Для увеличения площади снежного покрова после прохода снегопаха СВС-3 необходимо предусмотреть демфирующее устройство, регулирующее расстояние между отвалами.

Результаты экспериментальных исследований позволили определить зависимость тягового сопротивления снегопахотных агрегатов, имеющих разное количество снегопахов, от глубины снега:

$$R_{3CH} = 5 + 49,7h_{CH} + 38h_{CH}^2, \text{ кН} \quad (35)$$

$$R_{5CH} = 7,8 + 81,5h_{CH} + 62,4h_{CH}^2, \text{ кН}, \quad (36)$$

$$R_{7CH} = 10,9 + 113,9h_{CH} + 76,7h_{CH}^2, \text{ кН}, \quad (37)$$

$$R_{9CH} = 12,8 + 150,2h_{CH} + 101,3h_{CH}^2, \text{ кН}, \quad (38)$$

$$R_{11CH} = 15,7 + 182h_{CH} + 128h_{CH}^2, \text{ кН}. \quad (39)$$

Зависимость тягового усилия колесного трактора К-701 аппроксимируется уравнением следующего вида:

$$P_{крК-701} = 60 - 103h_{CH} - 85h_{CH}^2, \text{ кН} \quad (40)$$

При равенстве тягового усилия трактора и тягового сопротивления снегопахотных агрегатов определили допустимую глубину снега при работе снегопахотных агрегатов с разным количеством снегопахов:

Таблица 3.

Допустимая глубина снега при работе с тракторами

Количество снегопахов	Ширина захвата, м	Глубина снега при работе с тракторами	
		К-701	2 К-701
3	15	0,29	0,34
5	25	0,24	0,31
7	35	0,21	0,28
9	45	0,17	0,25
11	55	0,14	0,22
13	65	0,11	0,18

В процессе работы над диссертацией было изготовлено несколько вариантов узлов и деталей соединительных устройств, в том числе жесткие сцепки, опорные лыжи для гибкого троса, соединительные блоки для крепления снего-

пахов на тросу. Эффективность снегопахотных агрегатов с двумя тракторами К-701 зависит от снегопахов, имеющих симметричную форму расположения отвалов, что приводит к контакту троса с отвалом. Предложены одноотвальные снегопахи с левосторонним и правосторонним расположением отвалов. При агрегатировании серийных снегопахов разработан специальный удлинитель, обеспечивающий транспортировку снегопахов друг за другом. Испытания подтвердили высокую производительность разработанных снегопахотных агрегатов, которые превышают производительность серийных агрегатов в 3-4 раза. Ширина захвата испытываемых агрегатов составляла 50-60 метров.

В пятой главе «Производственная проверка, государственные испытания и экономическая эффективность результатов исследования» приведены результаты государственных испытаний на МИС соединительных устройств СУ-60 и снегопахов СВС-3. Производственные испытания проводились в совхозах Костанайской области, во время которых проведено снегозадержание на площади свыше 10 тыс.га.

Технико-экономические расчеты показали, что экономия полных энергозатрат при использовании широкозахватных агрегатов составляет 150 МДж/га (в сравнении со сцепкой СП-16 и 2 шт. СВУ-2,6 и с СВШ-10, агрегируемыми с трактором К-701).

По данным государственных испытаний соединительных устройств на Целинной МИС в 1991 году установлено повышение производительности и снижение удельных приведенных затрат на 1га на 50%, а при испытаниях на Павлодарской МИС снижение приведенных затрат составило 64%. Годовой экономический эффект от использования одного снегопахотного агрегата с соединительными устройствами СУ-60 составляет 193,3тыс рублей.

Основные выводы и рекомендации

1. Условия сельскохозяйственного производства Северного Казахстана, характеризующиеся ровным рельефом, наличием полей с большой длиной гона, имеющих в зимний период повышенную твердость верхнего слоя почв, создают возможность для применения на снегозадержании мощных энергонасыщенных тракторов, позволяющих составлять широкозахватные агрегаты.

2. Обоснованы параметры и режимы работы разработанного прицепного снегопаха СВС-3, имеющего шарнирное соединение отвалов, которое позволяет регулировать сечение камеры, формирующей валок.

3. Установлено, что наибольшее отношение общей высоты вала к глубине снега, образуется после прохода снегопаха при толщине снега 0,12-0,15м. В связи с этим предлагается с целью экономии энергозатрат начинать снегозадержание при указанной толщине снежного покрова.

4. Установлено, что объективной технологической оценкой снегопахотных агрегатов является снегоемкость, характеризующая потенциальные возможности шероховатой поверхности по накоплению снега. Разработана методика расчета снегоемкости и удельной энергоемкости, позволяющей объединить в еди-

ный показатель производительность, энергоёмкость и снегоемкость снегопахотных агрегатов.

5. На основании проведенных исследований установлены закономерности изменения тягового усилия тракторов и тягового сопротивления снегопахотных агрегатов, при колебаниях толщины снега от 0,05 до 0,4 м.

6. Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена работоспособность снегопахотных агрегатов с шириной захвата 50-60 метров, агрегируемых с помощью двух тракторов К-701.

7. Опытные образцы снегопаха СВС-3 и соединительные устройства СУ-60, состоящие из жестких сцепок шириной захвата 5 м, имеющих ассиметричные точки присоединения гибкого троса, расположенного между сцепками, прошли испытания на МИС и рекомендованы к производству.

8. Годовой экономический эффект от использования одного снегопахотного агрегата с соединительными устройствами СУ-60 по данным Павлодарской МИС составляет 193,3тыс рублей.

Основные положения диссертации опубликованы в
следующих работах.

1. Широкозахватные агрегаты на снегозадержании. // Техника в сельском хозяйстве, 1976, № 1.- с. 12-13.

2. А.с. СССР №1218938 А01В 13/16, Е02В 13/00 Снегопахотный агрегат. БИ, 1986,-№11.

3. Снегопахотные агрегаты и их совершенствование.//Совершенствование почвообрабатывающих противозерозионных орудий и машин для освоения солонцовых почв: Сб. науч. трУ ВО ВАСХНИЛ, НПО «Целинсельхозмеханизация».- Алма-Ата, 1987.-С.42-49

4. А.с. 1493121 СССР, МКИ А01В 13/16, 59/04 Устройство для соединения с трактором навесных машинУсоавторы: А.Ф.Таушканов, А.Ю.Терпиловский, Г.П.Кузьмин, А.А.Яненко, В.Э.Болендер, А.Х.Акчурин (СССР). БИ, 1989,- №26

5. А.с. 1575957 СССР, МКИ А01В 13/16 Снегопахотный агрегатУсоавторы: А.Ф.Таушканов, Г.П.Кузьмин, А.А.Яненко, В.Э. Болендер и А.Х.Акчурин. БИ.1990,-№25.

6. А.с. 1595356 СССР, МКИ А01В 13/16 Снегопахотный агрегат. /Соавторы: А.А.Фролов, А.Ф.Таушканов, А.Ю.Терпиловский. БИ 1990,- №36

7. Особенности выполнения снегозадержания широкозахватными агрегатами. //Актуальные проблемы совершенствования почвообрабатывающих машин. ВО ВАСХНИЛ. НПО «Целинсельхозмеханизация». Алма-Ата, 1990.- с.88-93

8. А.с.1687038 СССР, МКИ А01В 13/16 11А01В 13/00 Снегопах./Соавторы:А.Х.Акчурин, Г.П.Кузьмин, В.Т.Сучков, А.А.Яненко, В.Э.Болендер, М.П.Аллендорф, В.Т.Кривченко, Х.Х.Розенфельд. БИ 1991,- №40

9. А.с.1741625 СССР, МКИ А01В 13/16 Способ снежной мелиорацииУсоавторы: А.Ю.Терпиловский, ВЛ.Астафьев. БИ 1992,- №23

10. Энергетические затраты на снегозадержание и пути их снижения.// Комплексная механизация производственных процессов в растениеводстве Север-

ного Казахстана: Сб. науч. тр./ Каз Академия сельскохозяйственных наук. НПО «Целинсельхозмеханизация». А-Ата, 1992.- с.53-57.

11.0 целесообразности выполнения снежных мелиорации. Вестник науки КГУ им. Байтурсынова. Серия с/х науки. - Костанай, 2002, №3-4- с.24-27.

12.Эффективность широкозахватных агрегатов на снегозадержании. Вестник науки КГУ им. Байтурсынова. Серия с/х науки.- Костанай, 2003, №2 - с. 54-55.

13.К технологической оценке снегопахов на снегозадержании. Вестник науки КГУ им. Байтурсынова. Серия с/х науки.- Костанай, 2003, №3- с. 22-24.

14. К определению показателей качества работы снегопахов. Вестник науки КГУ им. Байтурсынова. Серия с/х науки.- Костанай, 2004, №2- с.59-62.

Из фондов Российской национальной библиотеки

Из фондов Российской национальной библиотеки

Печ. листов 1. Тираж 100 экз. Заказ № 163 Формат 60x90/16
Издат. Центр ВНИИМС. 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29

№ 20381

РНБ Русский фонд

2005-4

22130

Из фондов Российской национальной библиотеки