

УДК 631.3

ВЫБОР СМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ АКТИВНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ОТКОСОВ КАНАЛОВ К ПОСЕВУ ТРАВ

В.Н. Кондратьев, доктор технических наук

Н.Н. Прокопович, научный сотрудник

РУП «Институт мелиорации»

Ключевые слова: технология планировки, рыхление откосов каналов, фрезы, оборудование, почвогрунт

Введение

Среди отечественных и зарубежных машин с фрезерными рабочими органами наибольшего внимания заслуживают фрезы с вертикальными режущими элементами, выпускаемые как для основной (во Франции), так и для поверхностной обработки почвы (в Голландии, Великобритании, Франции, Германии) [1].

Достоинствами фрез такого вида являются хорошее крошение почвы без выноса грунта на поверхность берм каналов, равномерное перераспределение частиц почвы по поверхности откоса, небольшая энергоемкость процесса рыхления и планировки.

Наиболее полно удовлетворяют требованиям поверхностной планировки и рыхления почвы на откосах каналов рабочие органы фрезерного типа с вертикальными режущими элементами. Энергоемкость фрез с вертикальными режущими элементами составляет 29-36,8 кВт на 1 м ширины захвата при глубине обработки 15 см.

В СССР над созданием универсальных машин для поверхностной планировки откосов и рыхления почвы с механическим высевом семян, внесения удобрений на заданную глубину и укатки почвы работали СКБ «Мелиормаш» (г. Минск), НПО «Дормаш» (г. Минск), БелНИИМиВХ (г. Минск) [2].

Впервые в 1968 г. конструкторами СКБ «Мелиормаш» был создан и испытан экспериментальный образец универсальной машины МСТ-1,7, предназначенной для укрепления посевом трав откосов каналов глубиной от 1,5 до 1,8 м с заложением откосов 1:1,5 и 1,75 (рис. 1). Комплект оборудования позволяет машине выполнять следующие операции по предварительно спланированной полосе откоса:

– рыхление поверхности откоса фрезами с вертикально режущими ножами (рис. 2 а, б);

– внесение минеральных удобрений;

– посев и заделку семян трав с одновременной укаткой поверхности (рис. 2 в).

Технические показатели машины МСТ-1,7 приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели назначения машины МСТ-1,7

Наименование показателя	Значение показателя
1 Тип машины	Навесное оборудование на тракторе ДТ-75
2 Сменное оборудование	Профилировщик Высевающий аппарат
3 Масса машины с навесным оборудованием, кг	7600
4 Управление рабочим органом	Гидравлическое
5 Вместимость бункера дозирующего устройства, м ³	0,325
6 Норма высева удобрений, кг/м ²	0,036-0,08
7 Норма высева семян, кг/м ²	0,003-0,005
8 Глубина рыхления, мм	100
9 Частота вращения фрез, мин ⁻¹	240
10 Число фрез, шт.	4
11 Расстояние между ножами фрез, мм	500
12 Ширина полосы рыхления, мм	2320
13 Скорость машины при работе с высевающим аппаратом, км/ч	2,1
14 Производительность машины с высевающим аппаратом, м ² /ч	4800
15 Транспортная скорость, км/ч	10,5
16 Среднее давление в транспортном положении (расчетное), МПа	0,0265

Основная рама машины МСТ-1,7 представляет собой П-образную конструкцию, собранную из трех балок при помощи болтов. Задняя балка одновременно является корпусом цепной передачи с приводом от вала отбора мощностей (ВОМ) трактора. На средней балке имеются кронштейны для навески сменных рабочих органов и крепления цилиндра подъема рабочего органа. На задней балке смонтировано дозирующее устройство с пневматической подачей удобрений или семян трав. Оно состоит из конусообразного бункера в нижней части которого имеется сбрасыватель материала (рис. 1). Привод сбрасывателя осуществляется от ВОМ через цепную передачу, редуктор и зубчатую предохранительную муфту.

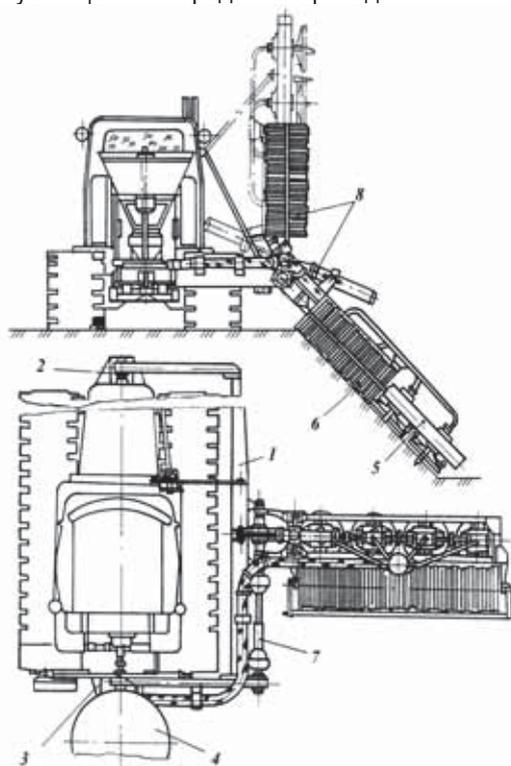


Рис. 1 – Общий вид машины МСТ-1,7 с высевающим сменным оборудованием

1 – рама основная; 2 – кронштейн передний; 3 – кронштейн задний; 4 – дозирующее устройство с пневматической подачей; 5 – высевающий агрегат (рабочий орган); 6 – каток укатывающий; 7 – привод; 8 – гидросистема с тросовым управлением рабочего органа.

На средней балке смонтирован высевающий агрегат, предназначенный для рыхления поверхностей откоса, заделки минеральных удобрений или семян трав на необходимую глубину, укатки поверхности откоса после внесения минеральных удобрений и высева семян по спиральному контуру (рис. 2 в). Рабочий орган высевающего агрегата представляет собой сварную раму, на которой устанавливаются последовательно четыре конических редуктора, соединенных между собой цепными муфтами. На нижних концах пустотелых валов редукторов закреплены пустотелые сварные рыхлители с шарнирно установленными ножами на концах (рис. 2 а, б).

Привод вентилятора производится от ВОМ через конический редуктор. В качестве воздухопроводов применены резино-тканевые рукава с внутренними диаметрами 100 и 40 мм.

К двум гребенкам рамы рабочего органа (через пазы фланцев корпусов подшипников) болтами крепится рифленый каток, предназначенный для уплотнения поверхности откоса канала.

Необходимая глубина рыхления достигается путем соответствующей установки катка по высоте относительно рыхлителей. В «плавающем» положении каток является опорой при работе высевающего агрегата. Привод к редукторам рыхлителей осуществляется от ВОМ трактора через цепную и карданную передачи. Привод механизма подъема основной рамы, поворота рамы рабочих рыхлителей планировщика и высевающего агрегата производится с помощью гидроцилиндров, питающихся насосом НШ-46Д трактора (рис. 1).

Машина МСТ-1.7 работает следующим образом. При работе с высевающим агрегатом удобрение засыпают в бункер, а затем при помощи вращающегося сбрасывателя подается в вентилятор. Воздушный поток, создаваемый вентилятором, по общему трубопроводу транспортирует удобрение к распределителю, и по отдельным шлангам через специальные отверстия пустотелых рыхлителей оно попадают в борозды, образованные ножами рыхлителей (рис. 1, 2).

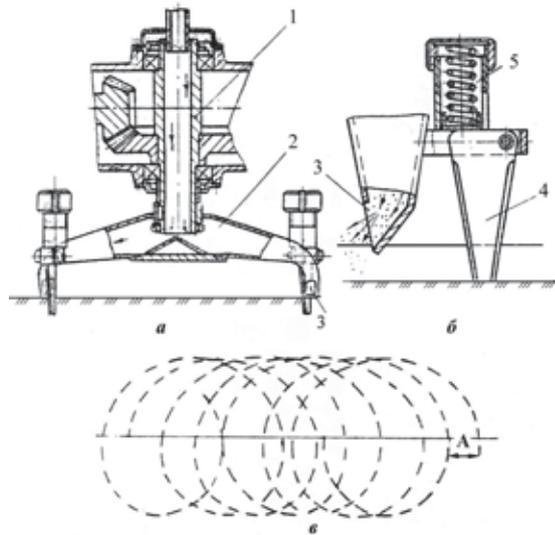


Рис. 2 – Конструктивная и технологическая схема высевающего устройства машины МСТ-1,7

а – высевающее устройство:

1 – вал привода и подачи семян внутрь фрезы; 2 – фреза; 3 – выход семян из фрезы;

б – установка ножа на фрезу:

4 – нож; 5 – предохранитель ножа;

в – технологическая кривая высева семян в почву;

А – подача на нож.

Глубину рыхления почвы ножами регулируют путем установки уплотняющего катка на необходимую высоту относительно рыхлителей. Технологические операции рыхления почвы, внесения удобрений или посева семян, укатки поверхности откоса совмещены, т.е. выполняются за один проход машины.

Поверхность катка гофрирована, что позволяет при укатке поверхности откоса канала создавать специальные продольные борозды, которые снижают скорость стока воды в канал, а также препятствуют быстрому оползанию откоса. Внесение удобрений и посев семян осуществляют отдельно. Принцип работы машины при посеве семян аналогичен процессу внесения удобрений.

При испытании машины было установлено, что:

- семена многолетних трав и минеральные удобрения оседают в полостях рыхлителей (рисунки 2 а, б) и трубопроводах вследствие малых сечений выходных отверстий и отсутствия направленного воздушного потока к выходным отверстиям рыхлителей;
- движение по косоугору с углом наклона 20° приводит к потере поперечной устойчивости машины;
- машину уводит в сторону навески на 6 м при движении по прямой на участке длиной 100 м;
- для лучшего управления машиной необходимо производить навеску рабочего органа на тракторе, имеющим технологические скорости менее 5 км/ч;
- в конструкции дозирующего устройства необходимо предусмотреть более тонкую регулировку доз посева семян и внесения удобрений;
- необходимо усовершенствовать конструкцию фрез вместе с рыхлителями (рисунок 2 а, б);
- конструкция привода рабочего органа посевающего агрегата сложная и требует усовершенствования;
- укрепление каналов глубиной до 3 м и более невозможно без создания базовой машины для навески сменных рабочих органов, в том числе и планировщика-рыхлителя;
- интенсивно изнашиваемые детали фрезы (ножи) должны иметь ресурс наработки до их замены 20 га укрепленных откосов каналов.

С целью создания новых высокоэффективных технических средств для подготовки откосов каналов и дамб к укреплению посевом трав в НПО «Дормаш» (г. Минск) был разработан и предложен целый ряд экспериментальных и опытных машин, выполняющих при непрерывном технологическом процессе рыхление, крошение, выравнивание, посев семян с заделкой их на заданную глубину и внесение удобрений (рис. 3, 4). Конструктивные решения этих машин и рабочих органов к ним изложены в описаниях изобретений [3-10].

На рисунках 1-4 даны схемы экспериментальных машин и рабочих органов, прошедших испытания в производственных условиях. Анализ результатов испытаний пока-

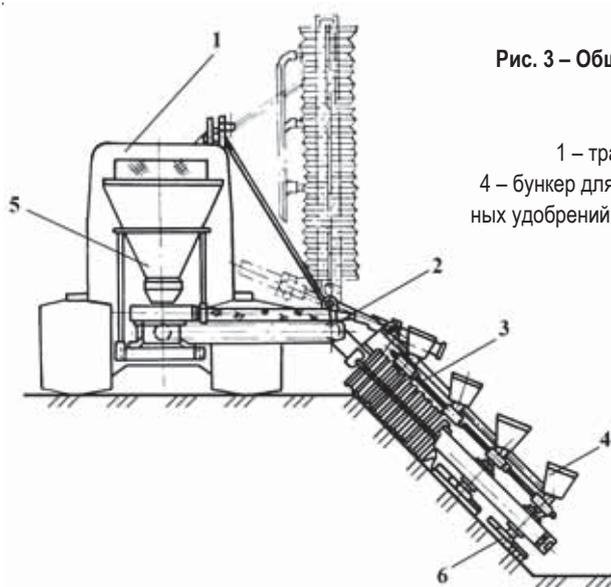
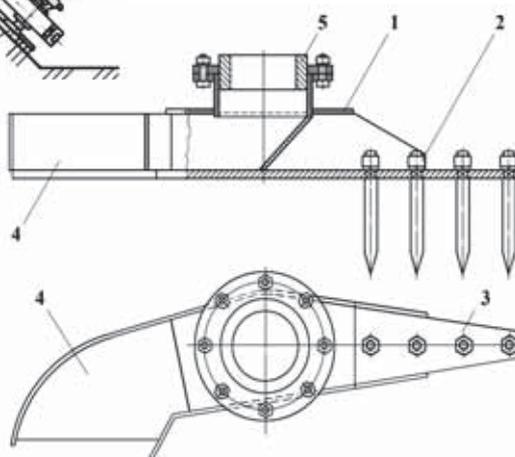


Рис. 3 – Общий вид машины МСТ-1,7-1 (планировщик-рыхлитель) на базе трактора ДТ-75Б

1 – трактор; 2 – рама; 3 – планировщик-рыхлитель; 4 – бункер для семян; 5 – высевающий аппарат минеральных удобрений; 6 – фреза для высева и заделки семян трав разбросным способом.

Рис. 4 – Фреза для высева и заделки семян трав разбросным способом (машина МСТ-1,7-1)

1 – фреза; 2 – зуб для заделки семян; 3 – планка; 4 – ковш высева семян; 5 – вал редуктора.



зывает, что машины МСТ-1,7 и МСТ-1,7-1 характеризуются большой универсальностью в сравнении с планировщиком пассивного действия К-44 [2].

Однако сама схема навески рабочих органов не является прогрессивной. Это объясняется значительным увеличением массы при разработках машин для укрепления каналов глубиной более двух метров. Поэтому при обосновании выбора базовой машины и типа ходовой части для планировщика-рыхлителя будем исходить из того, что планировщик должен быть сменным рабочим органом к базовой машине, движущейся по берме канала. Действительно, так как планировщик-рыхлитель при выполнении технологического процесса всегда должен находиться на откосе канала или дамбы, а базовая машина на берме, то на ходовую часть будет действовать реакция почвогрунта на рабочий орган и вес рабочего органа. В результате – машина будет стаскиваться в канал, отклоняясь от заданного направления движения (потеря курсовой устойчивости), а вес рабочего органа разгрузит один из двигателей машины.

В связи с этим ходовое устройство базовой машины планировщика-рыхлителя должно обеспечивать нейтрализацию момента, сталкивающего машину в канал. Так как

этот момент не является постоянным, то ходовая часть должна иметь устройство, компенсирующее изменение разворачивающего момента. Кроме того, перегрузка одной из гусениц базовой машины увеличивает максимальное удельное давление до 0,12 МПа.

В связи с этим конструкторами НПО «Дормаш» была предложена управляемая опора к гусеничному трактору, т.е была создана новая ходовая система (рис. 5). Состоит она из трактора ДТ-75Б и полунавесной рамы с дополнительной опорой на арочных шинах, на которой можно монтировать разнообразные рабочие органы для ремонта и содержания каналов (рис. 5 в), в том числе планировщик-рыхлитель с высевающим аппаратом для семян многолетних трав (рис. 6).

Определено, что эпюры нормальных напряжений, возникающих в торфяно-болотном почвогрунте под наиболее нагруженной гусеницей машины, движущейся со скоростью 200 м/ч при закладке месдоз на глубину до 10 см составляют 0,06-0,07 МПа. При этом в промежутках между опорными катками – 0,01-0,02, а под дополнительными опорами – 0,02-0,03 МПа, что практически соответствует нормальным удельным давлениям под гусеницами трактора. В рабочем положении агрегат имеет меньшие удельные давления, что связано не только с влиянием вертикальных реакций почвогрунта на рабочий орган, но и с уменьшением поперечных колебаний машины вокруг продольной оси правой гусеницы. При движении машины в транспортном положении максимальные давления под опорными

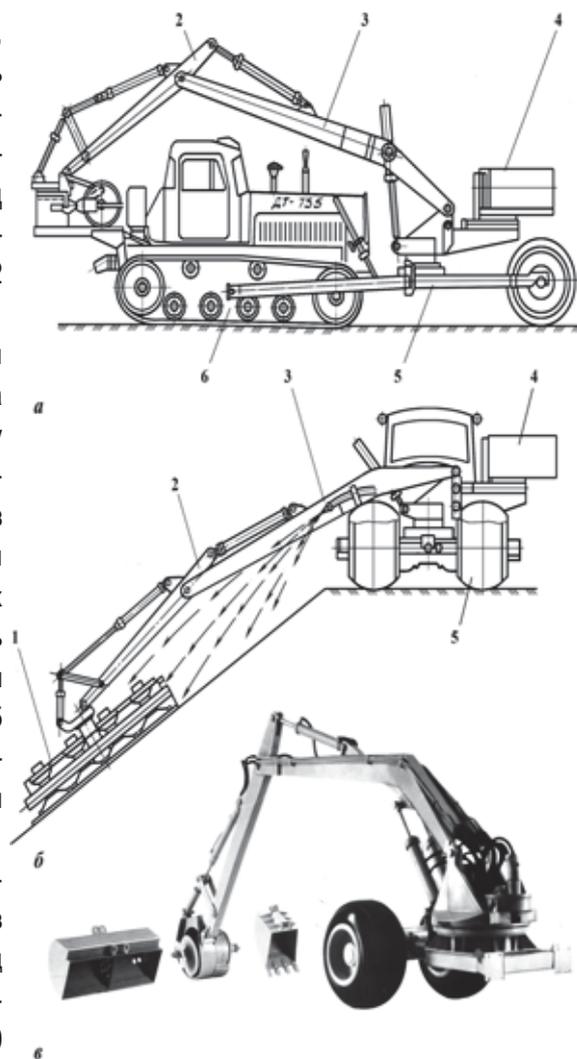
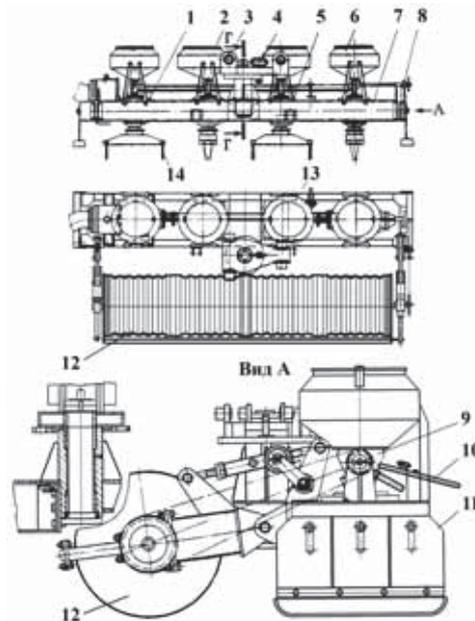


Рис. 5 – Машина МК-14 для планировки, рыхления, внесения минеральных удобрений, высева семян трав (конструкции НПО «Дормаш», г. Минск)

1 – рабочий орган; 2 – рукоять; 3 – стрела; 4 – устройство для подачи минеральных удобрений на откос канала;
5 – дополнительная опора; 6 – трактор.
а – вид машины сбоку; б – вид машины спереди в рабочем

Рис. 6 – Рабочий орган машины МК-14

1 – рыхлитель с редуктором; 2, 6 и 13 – бункер;
 3 – рычаг поворотный; 4 – стопор; 5 – рыхлитель с редуктором; 7 – рама рабочих органов;
 8 – опора привода высевяющих аппаратов;
 9 – высевяющие аппараты; 10 – механизм регулировки высева; 11 – ограничитель;
 12 – каток прикатывающий;
 14 – нож фрезы.



ми катками трактора находятся в пределах 0,04-0,06 МПа, а под дополнительной опорой – 0,02-0,03 МПа.

Проведенные испытания и исследования позволили сделать следующие выводы:

- полуприцепная рама к трактору типа ДТ-75Б с дополнительной опорой наиболее полно отвечает основным требованиям, которые предъявляются к базовым машинам, агрегирующим различное рабочее оборудование при всех видах ремонта, содержании каналов глубиной до 2,5 м и заложении откосов 1:2,5;

- средние удельные давления под арочными шинами дополнительной опоры всегда меньше давлений под гусеницами трактора и составляют 0,02-0,03 МПа;

- маневренность трактора ДТ-75Б с дополнительной опорой выше маневренности серийных каналоочистителей;

- обеспечивается полная стабилизация прямолинейности движения при установке арочных колес под углом 3-6° в зависимости от грунтовых условий;

- благодаря несложному монтажу и демонтажу оборудования на трактор и полунавесную раму, агрегат можно использовать в течение года;

- по производительности, металло- и энергоемкости, надежности, сроку службы и другим технико-экономическим показателям, система агрегатирования рабочих органов превосходит мировые образцы.

Следовательно, создание полуприцепной рамы является одним из путей совершенствования машин для укрепления откосов каналов глубиной более 2,0 м.

Испытания рабочего органа машины МР-14 показали, что совмещение поверхностного рыхления, планировки почвогрунта, высева семян и удобрений, заделки в почвогрунт и прикатки поверхности не в полной мере удовлетворяет основным агротехническим требованиям: равномерности высева семян и удобрений, глубине заделки их в почвогрунт, рабочий орган имеет высокую металлоемкость, сложную для эксплуатации и обслуживания конструкции.

Система высокопроизводительных машин для укрепления откосов каналов в принципе может состоять из трех типов машин: планировщика, гидросеялки и мульчера. Высокая производительность фрезерных орудий при планировке-рыхлении, гидросеялок при высеве травосмеси и внесении удобрений, мульчеров при нанесении почвы на откосы, простота рабочих органов фрезерного планировщика и гидросеялки, малая их металлоемкость позволяют считать создание названной системы машин главным направлением развития технического прогресса в области борьбы против водной эрозии почвы на откосах каналов. При этом машины должны удовлетворять следующим основным агротехническим требованиям:

- планировщик-рыхлитель откосов должен производить поверхностное (до 150 мм) рыхление и планировку поверхности откосов каналов глубиной до 3,5 м;
- процесс рыхления и планировка откосов должны быть непрерывными как в «чистых» грунтах, так и в грунтах с наличием погребенной древесины, во влажных, липких и сухих грунтах;
- разрыхленный грунт должен равномерно и ровно распределяться по поверхности откоса;
- металлоемкость рабочего органа, его взаимодействие с грунтом должны быть такими, чтобы удельное давление базовой машины в рабочем и транспортном положениях не превышало 0,03 МПа;
- производительность планировщика должна соответствовать или быть выше производительности машины с рабочими органами для распределения семян, удобрений, мульчирующих и пленкообразующих материалов, что должно обеспечивать непрерывность технологического процесса укрепления откосов травосеянием.

Значительное влияние на технико-экономические показатели и надежность технологического процесса рыхления и планировки откосов оказывает правильный выбор конструкции фрез с вертикальными режущими элементами. Для этого необходимо правиль-

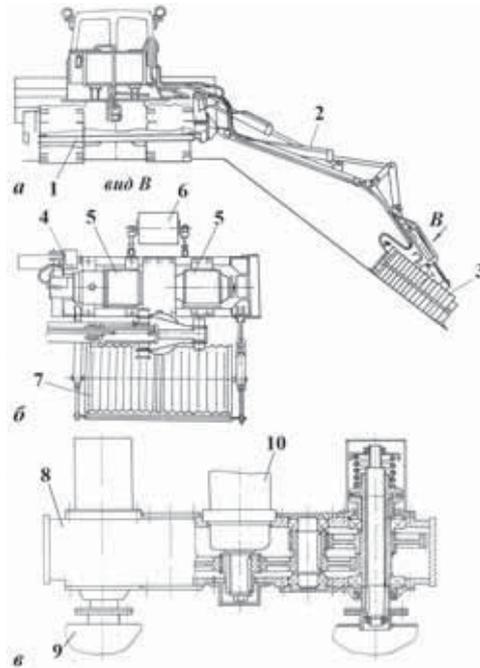
Таблица 2 – Основная техническая характеристика планировщика-рыхлителя НО-6

Наименование показателя	Значение показателя
Тип рабочего органа Базовая машина	Навесной Каналоочиститель МР-7 с двигателем мощностью 59кВт
Параметры обслуживаемых каналов:	
наибольшая глубина	2,0
заложение откосов	1:1; 1:1,5; 1:2
Техническая производительность, га/ч	до 0,35
Глубина рыхления, мм	до 150
Число фрез, шт.	2
Частота вращения фрез, с ⁻¹	до 4
Ширина полосы рыхления за один проход, м	1,0
Транспортные скорости передвижения, км/ч	от 5,45 до 11,49
Рабочие скорости передвижения, км/ч	от 0,34 до 4,88
Конструктивная масса навесного оборудования, кг, не более	400
Обслуживающий персонал, чел	1

Рис.7 – Планировщик-рыхлитель НО-6 к трактору ДТ-75Б (конструкции РУП «Институт мелиорации»)

1 – трактор ДТ-75Б; 2 – стрела с рукоятью; 3 – рабочий орган; 4 – гидропривод; 5 – редуктор привода фрез; 6 – каток поддерживающий; 7 – каток прикатывающий; 8 – редуктор; 9 – фреза; 10 – гидромотор.

а – общий вид планировщика-рыхлителя НО-6 на тракторе ДТ-75Б; б – конструктивная схема планировщика-рыхлителя НО-6; в – конструкция усовершенствованного привода фрез планировщика-рыхлителя НО-9.



но определить основные параметры фрезерного рабочего органа: диаметр фрез, их число, число режущих элементов на фрезе, частоту вращения фрез и скорость передвижения машины, ширину захвата полосы рыхления и мощность на привод. При выборе названных параметров дополнительными оценочными критериями должны быть следующие:

- обеспечение такой комковатости почвы, которая затем могла бы способствовать хорошей всхожести семян травы и ее питанию;

- снижение энергоемкости рыхления и крошения почвы при планировке откоса.

Навешивание планировщиков-рыхлителей активного действия на стреловое оборудование серийно выпускаемых каналоочистителей типа МР-14 является возможным при обслуживании каналов глубиной до 2 м.

На основании полученных результатов испытаний в Институте мелиорации были разработаны усовершенствованные экспериментальные образцы планировщиков-рыхлителей НО-6 и НО-9 на базе каналоочистителя МР-7 (рис. 7).

В таблице 2 приведена основная техническая характеристика планировщика-рыхлителя НО-6.

Чтобы выявить преимущества предложенной ходовой системы, необходимо было оценить ее проходимость и устойчивость прямолинейного движения при действии разворачивающего момента. С этой целью были проведены широкие исследования в производственных условиях. В этом случае исходные параметры изменялись в следующих пределах: масса оборудования – 3500-4700 кг; что составляет 50-60% массы трактора ДТ-75Б; продольный, поперечный и разворачивающий моменты – соответственно 30-120; 70-100; 50-80 кН·м; скорости движения – 0,2-10,8 км/ч.

Замер удельных давлений осуществлялся путем проезда опорной поверхности колеса или гусеницы над местом установки месдоз в процессе выполнения основных технологических функций машины.

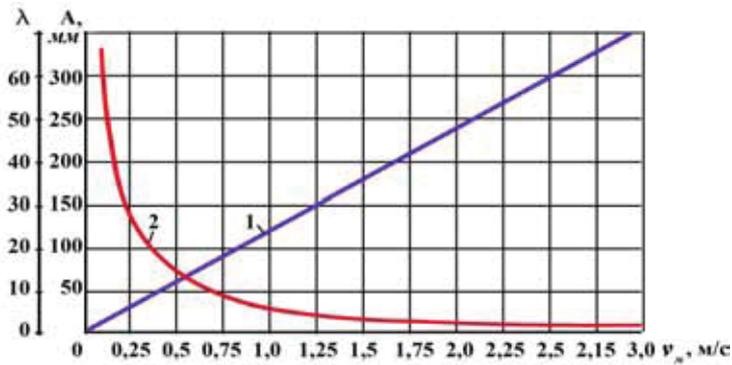


Рис. 8 – Зависимости (1 и 2) изменения подачи на нож (A) и показателя режима работы фрезы (λ) от скорости движения трактора (v_м)

Дальнейшие экспериментальные исследования в производственных условиях дали возможность уточнить режимы работы планировщика-рыхлителя НО-6. Установлено, что от траектории ножей зависит качество подготовки откосов. Траектория движения ножей характеризуется показателем кинематического режима работы фрез λ, который определяется по формуле (1).

$$\lambda = \frac{2\pi \cdot R_{\phi} \cdot n_{\phi}}{v_{\text{м}}}, \quad (1)$$

где R_{ϕ} – радиус установки ножей на фрезе, м;
 n_{ϕ} – частота вращения фрез, с⁻¹; $v_{\text{м}}$ – поступательная скорость фрез.

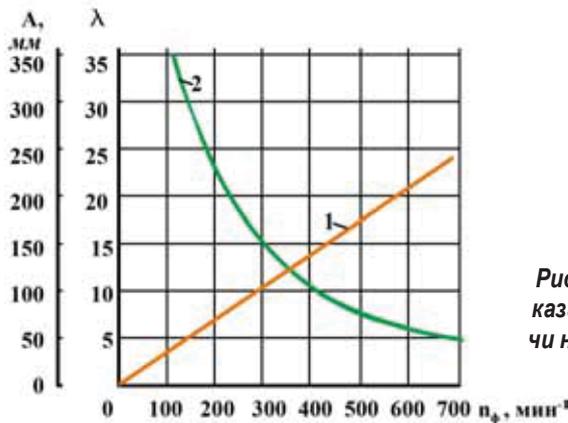


Рис. 9 – Зависимости (1 и 2) изменения показателя режима работы фрезы (λ) и подачи на нож (A) от числа оборотов (n_φ) фрезы

На рисунках 8 и 9 показаны зависимости изменения показателя λ и подачи на нож (A) от скорости движения трактора и частоты вращения фрезы. От показателя λ зависит подача на нож, определяемая по формуле (2)

Таблица 3 – Основные переменные факторы, влияющие на изменение затрат мощности при крошении и рыхлении грунтов (к рис. 10)

№ зависимости	n _φ , об/с	R _φ , мм	h _φ , мм	α _н , град	W, %	C, число ударов	вид почво-грунта	тип ножей
1	4	175	200	25	60	1-2	торфяник	плоские
2	4	175	350	5	15	12-15	минеральный	плоские
3	4	175	350	5	61.5	1-3	торфяник	плоские
4	4	175	350	25	61.5	1-2	торфяник	плоские

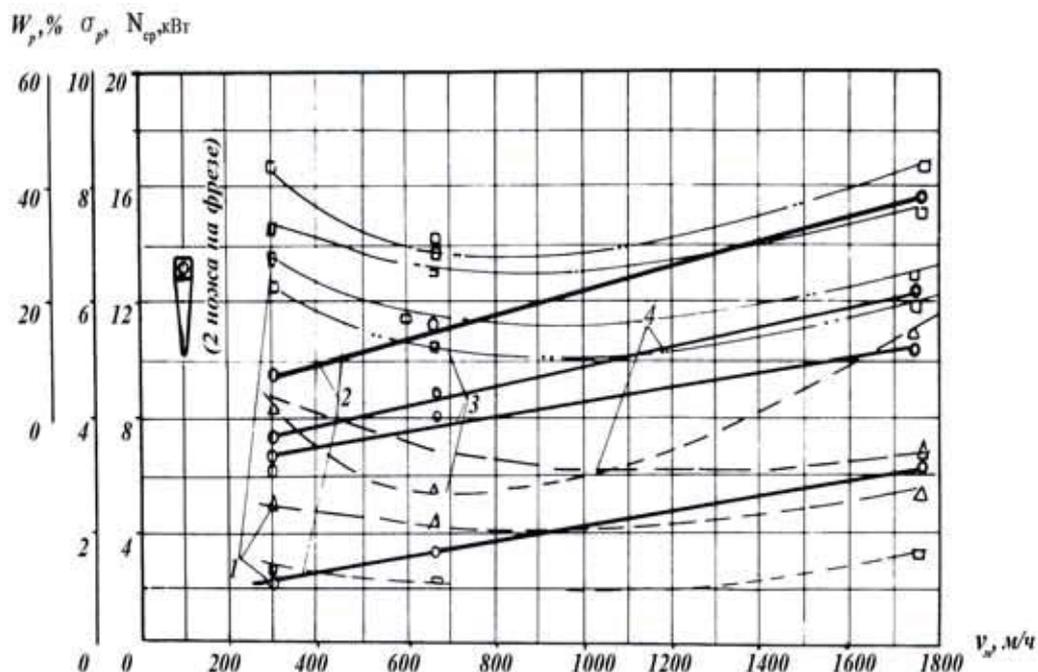


Рис. 10 – Изменение затрат мощности на крошение и рыхление почвогрунта вертикальными плоскими ножами, среднеквадратического отклонения σ_p (---) и коэффициента вариации W_p (- · · - · · -) от скорости v_m поступательного движения фрезы

$$A = \frac{2\pi R_\phi}{\lambda z}, \quad (2)$$

где R_ϕ – радиус установки ножей на фрезе, м;
 λ – показатель кинематического режима работы фрезы;
 z – число ножей на фрезе.

Предварительно было рекомендовано установить на фрезе два ножа, что обеспечивает при $\lambda > 2$ качественную подготовку почвы.

На сегодня, когда взят курс на разработку энергосберегающих технологий и машин, в качестве критерия оценки работы планировщиков-рыхлителей должны служить энергозатраты на планировку и рыхление почвогрунта. Основными факторами, оказывающими влияние на принятый критерий, являются угол и радиус установки ножей на фрезе, глубина рыхления почвогрунта, поступательная скорость агрегата, тип почвогрунта и его влажность. Приведенные на рис. 10 зависимости получены на минеральных грунтах двух типов, каждый из которых имеет одинаковые физико-механические свойства.

В таблице 3 приведены исходные данные переменных факторов для замера затрат мощности на крошение и рыхление почвогрунтов плоскими ножами в зависимости

от изменения скорости поступательного движения фрезы равной поступательной скорости трактора (v_m).

В результате обработки полученных экспериментальных данных построены следующие графики зависимости затрат мощностей (N_{cp}) на крошение и рыхление почвогрунта от основных параметров фрез (рис. 10).

Из графиков (рис. 10) по результатам опытов следует, что при изменении поступательной скорости (v_m) от 350 до 1700 м/ч средняя мощность (N_{cp}) на крошение и рыхление минерального почвогрунта ($R_\phi = 175$ мм, $h_\phi = 100$ мм, $\alpha_n = 5^\circ$) увеличилась на 34%. Дальнейшее изменение угла резания (α_n) в пределах $15-25^\circ$ повышает затраты мощности на 23-30%. В этом случае коэффициент вариации затрат мощности (W_p) имел значения от 63 до 35% на минеральных почвогрунтах и 35,3-15,7% на торфяниках.

Изменение глубины рыхления (h_ϕ) минерального почвогрунта в пределах 100-250 мм вызывало изменение затрат мощности соответственно 1,67-8,16 кВт ($R_\phi = 175$ мм, $\alpha_n = 5^\circ$, $v_m = 350$ м/ч, $\rho_o = 2,1-3,2$ МПа; $W_p = 15\%$) и 3,36-13,3 кВт ($\alpha_n = 5^\circ$, $v_m = 1760$ м/ч).

В этом случае коэффициенты вариации изменялись от 63 до 15,4%. Наибольшая величина коэффициента вариации получена при $v_m = 350$ м/ч, $\alpha_n = 5^\circ$ и $h_\phi = 100$ мм.

Затраты мощности на рыхление и крошение торфяника с изменением v_m от 350 до 1760 м/ч ($R_\phi = 175$ мм, $\alpha_n = 25^\circ$, $h_\phi = 200$ мм, $\rho_o = 0,2-0,6$ МПа, $W_p = 60\%$) соответственно составили 2,12-6,23 кВт и 6,5-12,07 кВт ($R_\phi = 350$). При этом коэффициенты вариации затрат мощности были получены соответственно в пределах 22,6-36,3% и 14,1-22,3%. Из этого следует, что с увеличением глубины обработки почвогрунта коэффициенты вариации значительно снижаются.

Действительно, при уменьшении глубины рыхления и крошения почвогрунта колебания усилий резания увеличиваются из-за наличия неровностей на обрабатываемой поверхности, являющихся причиной частого выглубления ножей фрез.

Затраты мощности на рыхление и крошение определяли в зависимости от изменения радиуса (R_ϕ) установки ножей на фрезе в пределах 175-350 мм как на минеральных, так и на торфяных почвогрунтах. Опыты показали, что с увеличением радиуса установки ножей от 175 до 250 мм средняя мощность (N_{cp}), затраченная на

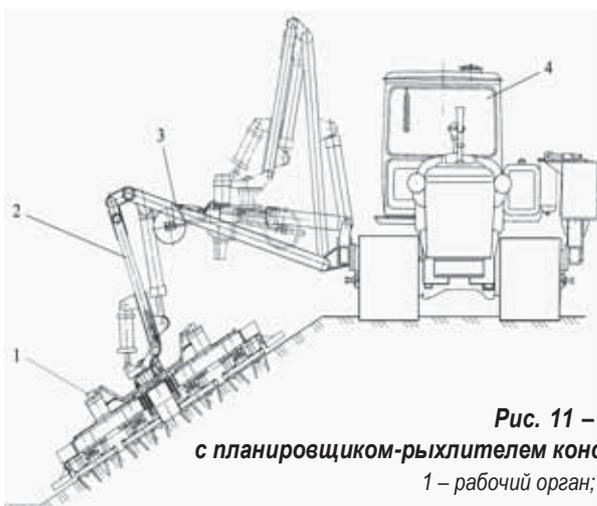


Рис. 11 – Общий вид каналаочистителя МР-14 с планировщиком-рыхлителем конструкции Института мелиорации

1 – рабочий орган; 2 – стрела; 3 – рукоять; 4 – базовая машина.

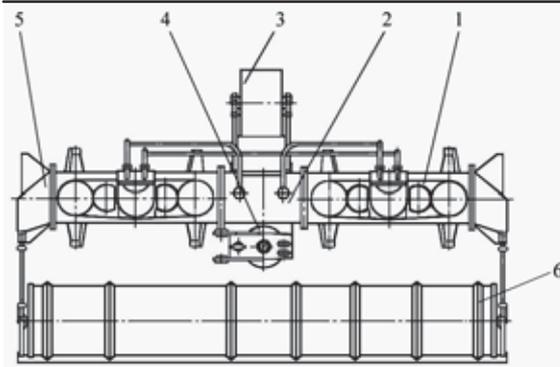


Рис. 12 – Сменный рабочий орган для планировки и рыхления почвогрунта к каналочистителю МР-14

1 – редуктор; 2 – кронштейн;
3 – каток поддерживающий; 4 – поворотное устройство; 5 – закрылок;
6 – каток прикатывающий.

Рис. 13 – Гидросистема каналочистителя МР-14 со сменным оборудованием для планировки и рыхления почвогрунта на откосах

1, 18 – заливная горловина;
2, 16 – фильтр; 3, 15 – бак масляный; 4 – насос; 5 – регулятор потока; 6 – гидроцилиндр рамы;
7 – гидромотор; 8 – гидроцилиндр рукояти; 9 – гидроцилиндр рабочего органа; 10 – гидроцилиндр стрелы; 11 – штуцер с дросселем; 12, 13 – кран распределительный; 14 – распределитель;
17 – насос шестеренчатый.

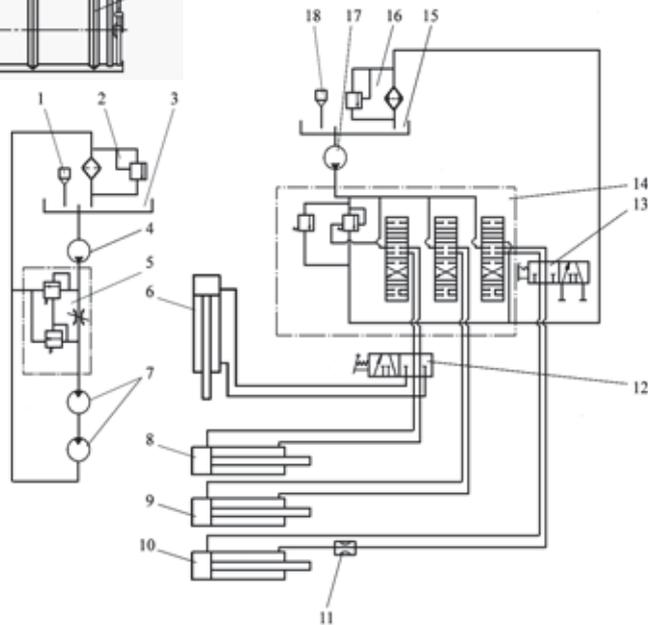


Таблица 4– Основная техническая характеристика каналочистителя МР-14 с планировщиком-рыхлителем

Наименование показателя	Значение показателя
Тип рабочего органа	Навесной
Базовая машина	Каналочиститель МР-14 с двигателем мощностью 59кВт
Параметры обслуживаемых каналов:	
наибольшая глубина	3,0 2,5 2,0
заложение откосов	1:1 1:1,5 1:2
Техническая производительность, га/ч	до 0,7
Глубина рыхления, мм	до 150
Частота вращения фрез, с ⁻¹	до 4
Транспортные скорости передвижения, км/ч	от 5,45 до 11,49
Рабочие скорости передвижения, км/ч	от 0,34 до 4,88
Обслуживающий персонал, чел.	1
Габаритные размеры, мм	
длина	3000
ширина	2500
высота	900
Конструктивная масса навесного оборудования, кг	не более 600
Обслуживающий персонал, чел.	1

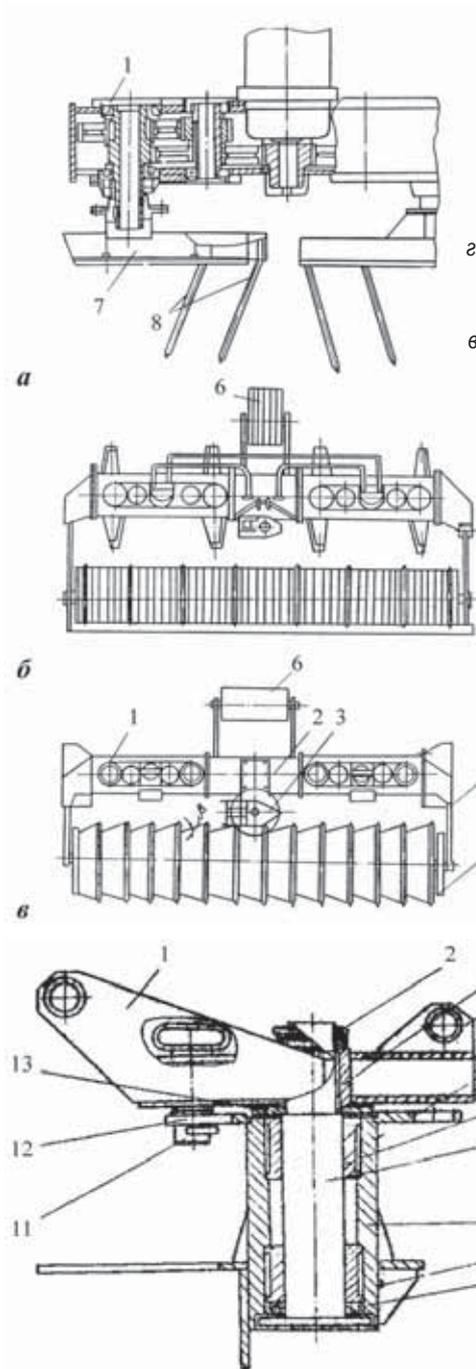


Рис. 15 – Поворотное устройство

1, 4 – проушины; 2 – гайка; 3 – кронштейн;
5, 9 – масленки; 6 – втулка; 7 – ось; 8 – корпус; 10 – подшипник; 11 – палец; 12, 13 – диски.

Рис. 14 – Конструктивные схемы сменного оборудования (планировщика-рыхлителя) к каналочистителю МР-14

1 – редуктор; 2 – вставка; 3 – поворотное устройство; 4 – проушины; 5, 6 – прикатывающий и опорный катки; 7 – фреза; 8 – ножи;
а – конструктивная схема редуктора с установкой фрез и гидромотора; б – схема планировщика-рыхлителя с установкой прикатывающего катка для подготовки поверхностей откосов под посев семян трав близкий по размеру; в – схема планировщика-рыхлителя с установкой прикатывающего катка для подготовки поверхностей откосов под посев семян трав разной крупности.

обработку минерального почвогрунта, увеличилась соответственно от 8,16 до 9,66 кВт и от 9,66 до 19,91 кВт ($\alpha_n = 5^\circ$, $R_\phi = 250$ мм; $v_m = 350$ м/ч; $\rho_o = 2,1-3$ МПа; $W_p = 14\%$), а при обработке торфяника – от 2,89 до 6,62 кВт и от 6,62 до 7 кВт ($\alpha_n = 5^\circ$, $h_\phi = 250$ мм; $v_m = 350$ м/ч; $\rho_o = 0,2-0,4$ МПа; $W_p = 59-60\%$). В этом случае коэффициенты вариации (W_p) затрат мощностей находились от 24,1 до 19,6% и от 21,4 до 19,9% соответственно обработке минерального почвогрунта и торфяника.

Анализируя зависимости (рис. 10), можно сделать вывод о том, что характер изменения мощности, затрачиваемой на рыхление и крошение почвогрунта, остается постоянным и увеличение мощности происходит по линейной зависимости, что объясняется высокими скоростями обработки почвогрунтов (4-7 м/с). Из этого следует, что частота вращения фрез (h_ϕ) с плоскими ножами, имеющими размеры 80×10×200 мм, должна быть в пределах 3-4 с⁻¹ ($R_\phi = 250$ мм) и 4-6 с⁻¹ ($R_\phi = 175$ мм).

Используя результаты предварительных исследований, в Институте были

продолжены работы над созданием планировщика-рыхлителя к каналочистителю МР-14, основной целью которых явился выбор:

- оптимального варианта конструкции фрез, обеспечивающих необходимую структуру почвы;
- основных переменных факторов, наиболее влияющих на процесс качественной подготовки откосов каналов;
- конструкции планировщика-рыхлителя в целом;
- оптимальных конструктивных параметров планировщика-рыхлителя;
- схемы навески планировщика-рыхлителя на каналочиститель МР-14.

С учетом этих требований был создан планировщик-рыхлитель к каналочистителю МР-14 как сменное оборудование для рыхления, выравнивания и прикатывания осушенных минеральных и торфяных почвогрунтов на откосах каналов глубиной до 2 м водопроводящей и регулирующей сети. Оно может быть использовано для обработки почвы при пересеве незасеянных участков и на площадках с изреженным травостоем на укрепленных многолетними травами откосах (рис. 11).

Сменное оборудование навешивается на базовую машину–каналочиститель МР-14 вместо демонтируемых основных рабочих органов. Оно состоит из рабочего органа (рис. 12) и гидрооборудования (рис. 13). В таблице 4 приведена основная техническая характеристика каналочистителя МР-14.

Во время рабочего процесса трактор движется вдоль канала, при этом рабочий орган спускается на откос. Рыхление откоса осуществляется путем сложения вращательного и поступательного движений фрез. Привод вращения фрез осуществляется от двух гидромоторов через цилиндрические редукторы. На базовом каналочистителе имеется автономная гидравлическая система. Глубина рыхления определяется положением катков, закрепленных на рабочем органе относительно корпуса редуктора.

Рабочий орган (рис. 12), состоит из следующих узлов. Два редуктора соединены между собой при помощи кронштейна. На кронштейне болтами крепится поворотное устройство, а в передней части предусмотрены проушины для подсоединения катка. К боковым стенкам редукторов крепятся закрылки, которые служат защитой от выбрасывания фрезами-рыхлителями взрыхленной почвы и других предметов. Закрылки имеют проушины для подсоединения прикатывающего катка.

Редуктор (рис. 14 а) служит для увеличения крутящего момента, передаваемого гидромотором, и разделение мощности на два потока для привода двух фрез-рыхлителей. Одновременно корпус редуктора является несущей конструкцией, на которой крепятся остальные узлы рабочего органа. В расточке корпуса установлен гидромотор, на валу которого закреплена ведущая шестерня. На промежуточном валу закреплен блок-шестерня. Ведомый вал установлен в конических роликоподшипниках, которые воспринимают осевые нагрузки, возникающие при взаимодействии фрез-рыхлителей с грунтом.

На выходном конце ведомого вала на шлицах установлен фланец, закрепленный гайкой, к которому болтами крепится траверса. На концах траверсы предусмотрены гнезда, в которых при помощи стопорных пластин и болтов закреплены съемные ножи. Ножи имеют две режущие кромки, что позволяет при затуплении одной из них использовать другую, поменяв ножи местами. Для резания растительности с

откосов на траверсе предусмотрены также горизонтальные ножи. Поворотное устройство служит для присоединения рабочего органа к рукояти трактора и перевода его в рабочее или транспортное положение (рис. 15).

В зависимости от крупности высеваемых семян на откосы каналов на планировщик-рыхлитель устанавливают прикатывающий каток с кольцами треугольного сечения (рис.14 в).

Каток поддерживающий (рис.12, 14 б, в) предназначен для предохранения от самопроизвольного заглубления рыхлящих фрез в грунт и поддержания установленной глубины рыхления.

Комиссия, назначенная Министерством мелиорации и водного хозяйства СССР, 30 июля 1985 г. провела ведомственные приемочные испытания оборудования для планировки и рыхления каналов глубиной от 2,0 до 3,0 м с коэффициентом заложения откосов соответственно 2,0-1,0. Выводы и предложения комиссии следующие:

– считать сменное оборудование НО-10 к каналочистителю МР-7А (МР-14) работоспособным и соответствующим его назначению. Рекомендовать сменное оборудование НО-10 к серийному производству;

– сменное оборудование НО-10 изготовлено в соответствии с техническими требованиями, и замечаниями, изложенными в акте предварительных испытаний;

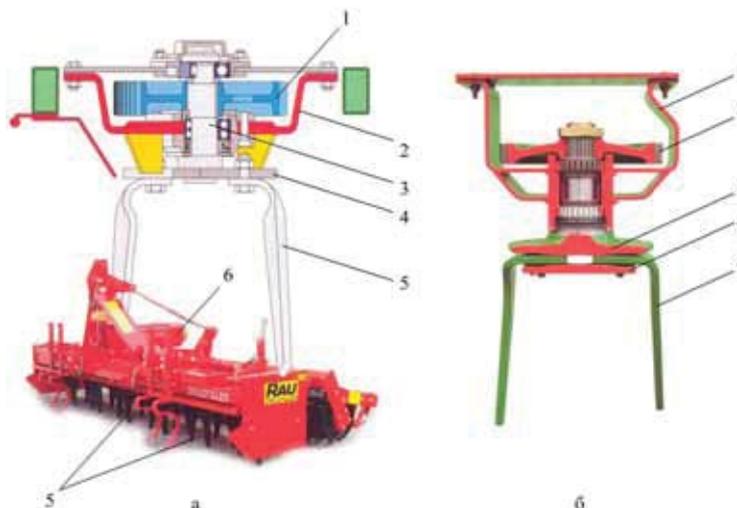


Рис. 16 – Ротационные бороны и культиваторы немецких фирм RAU и AMAZONE

*а – конструктивня схема ротационного культиватора СК-125 фирмы RAU:
1 – цилиндрическая шестерня; 2 – поддон; 3 – вал держателя; 4 – держатель рабочих органов; 5 – нож; 6 – привод рабочих органов;*

*б – конструктивня схема ротационного культиватора AMAZONE K6:
1 – двойной поддон; 2 – цилиндрическая шестерня; 3 – держатель рабочих органов; 4 – защита зубьев от камней; 5 – зуб.*

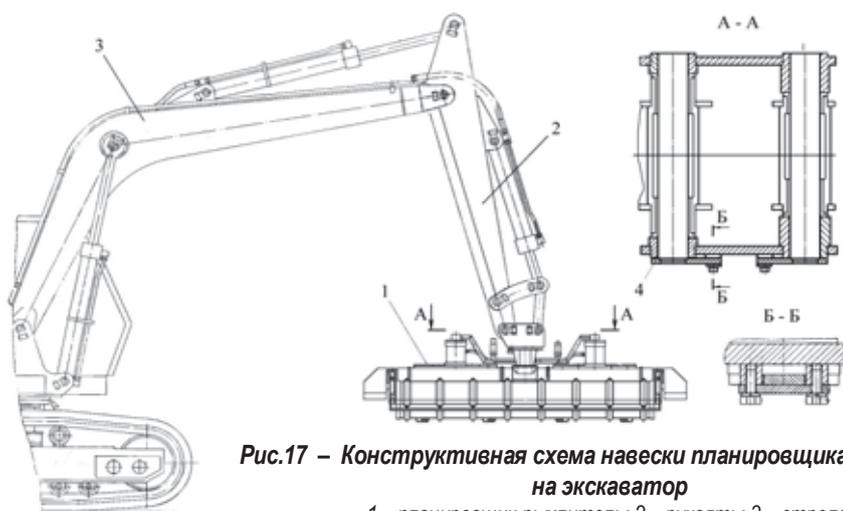


Рис.17 – Конструктивная схема навески планировщика-рыхлителя на экскаватор

1 – планировщик-рыхлитель; 2 – рукоять; 3 – стрела;
4 – крепления планировщика-рыхлителя к рукояти; 5 – экскаватор.

– сменное оборудование НО-10 позволило механизировать ручной труд при ремонтной планировке откосов каналов (рыхлении, выравнивании, прикатывании поверхности почвогрунта с террасированием и образованием противоэрозионных выступов, предотвращающих сползание верхнего слоя почвы на дно канала), повысить производительность труда в 1,5 раза;

– учитывая заделку в почву травосмесей, состоящих из мелких и крупных семян, планировщик-рыхлитель НО-10 оснащен сменным уплотняющим катком, который в процессе выполнения технологических операций создает на плоскости откоса наклонные площадки для разделки семян на мелкие и крупные с последующей заделкой их в почву на требуемую глубину [5].

– технико-экономические показатели, полученные за период испытаний, свидетельствуют о целесообразности использования сменного оборудования НО-10 для выполнения выше упомянутых технологических операций;

– за период работы не отмечалось существенных дефектов и недостатков, сдерживающих ход испытаний;

– отметить удовлетворительную степень выравнивания поверхности откоса, рыхления и прикатывания почвогрунта;

– продолжить работы по отработке сменного оборудования НО-10 и провести контрольные испытания его на каналоочистителе МР-14 (выписка из «Акта приемки опытного образца сменного оборудования к каналоочистителю МР-7А (МР-14) для ремонтной планировки и рыхления откосов каналов глубиной до 3,5 м», г. Минск, 20 ноября 1986 г., Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР»).

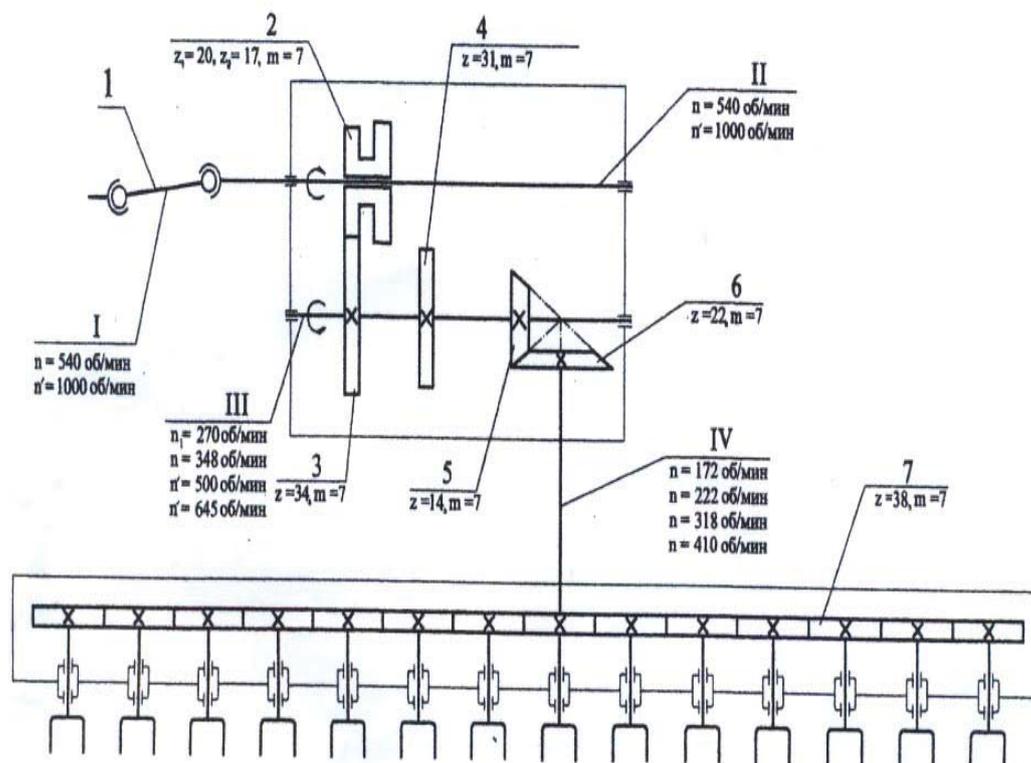


Рис. 18 – Кинематическая схема привода роторов почвообрабатывающего посевного агрегата АППА-4

1 – вал карданный; 2 – блок шестерен; 3, 4 – колеса зубчатые цилиндрические;
5, 6 – колеса зубчатые цилиндрические; 7 – шестерня

В 1990 г. Ногинский экспериментальный ремонтно-механический завод освоил выпуск первой опытной партии сменного оборудования для ремонтной планировки откосов каналов НО-10 ТУ 33-389-88 к каналочистителю МР-14. Технические условия ТУ 33-389-88 были разработаны БелНИИМивХ. Срок введения 1988-1995 гг. Зарегистрированы и внесены в реестр государственной регистрации 16.05.1988 г. за №106/005038.

Работы по усовершенствованию конструкции машины были приостановлены из-за распада СССР.

В 2006 г. в Институте мелиорации возобновились работы над усовершенствованием планировщика-рыхлителя активного действия для планировки откосов земляных сооружений с учетом зарубежного опыта создания фрез с вертикальными режущими элементами (рис. 16 а, б) и отечественного опыта создания оборудования для ремонтной планировки откосов каналов к каналочистителям МР-7 и МР-14 (рис. 12 -15). При этом была предложена конструктивная схема навески планировщика-рыхлителя на выпускаемый в настоящее время в Беларуси экскаватор ЭО-3223 (рис.17) [7-10].

Таким образом, в 2006-2010 гг. нами проведено усовершенствование планировщика-рыхлителя НО-10 на основании полученных результатов фундаментальных теоретических и экспериментальных исследований с применением для оптимизации его основных параметров теории многофакторного эксперимента.

На рис. 18 приведена кинематическая схема привода ротора адаптера почвообрабатывающих и посевных агрегатов, выпускаемых ОАО «Лидаагропромаш» и ОАО «Брестский электромеханический завод». Отсюда следует, что рекомендуемые результаты исследований, приведенные в статье, адекватны конструктивным параметрам и показателям режима работы фрез, показанным на рис. 18. На основании сравнительного анализа можно сделать следующее заключение.

Заключение

Теоретические и экспериментальные материалы, изложенные в статье, будут полезны не только мелиораторам, но и специалистам сельского хозяйства, занимающимся разработкой и эксплуатацией комбинированных агрегатов обработки и посева сельскохозяйственных культур, а так же при оценке энергозатрат и качества подготовки культурного слоя почвы культиваторами с установленными вертикально на фрезе ножами.

Литература

1. Erfolgsprogramm 2001 – 2002 / Deutschland, KUHN – Kreiseleggen HR/HRBI / Prospekt.
2. Кондратьев, В.Н. Разработка технологии и средств механизации для биологических закрепленных откосов: дис. ... д-ра техн. наук : 06.01.02 / В.Н. Кондратьев. – Минск, 1994 – 651.
3. А. с. 400672 СССР, М. Кл. Е 021 5/28. Каналоочиститель / В. Н. Кондратьев, А. М. Сологуб, И. И. Болматенков, А. К. Гордиенко. – № 1701109; заявл. 24.11.71; опубл. 01.10.73, Бюл. № 40. – 2 с.
4. А. с. 670261 СССР, М. Кл. 2. А 01В 79/00, А 01В 33/16. Способ обработки почвы на откосах и устройство для его осуществления / В.Н. Кондратьев. – № 2447359; заявл. 26.01.77; опубл. 30.06.79, Бюл. № 24. – 3 с.
5. А. с. 1209049 СССР, (51) 4 А 01 В 33/16, А 01 С 7/00. Способ подготовки почвы на откосах под посев семян травосмеси и устройство для его осуществления / В. Н. Кондратьев, Р. Б. Роголя (ПНР). – № 3789273; заявл. 23.07.84; опубл. 07.02.86, Бюл. № 5. – 2 с.
6. С. 7815 (СССР). Каналоочиститель со сменными рабочими органами / Предприятие п/я В 2823 / В.Н. Кондратьев, А.М. Сологуб, В.И. Герасимчик, В.И. Жолтак, С.А. Громов, Н.И. Носов. – Зарегистр. в Гос. реестре пром. образцов 22.03.77.
7. А. с. 1335619 СССР, (51) 4 Е 01 В 3/12. Способ укрепления откосов каналов / В. Н. Кондратьев. – № 4064051; заявл. 17.03.86; опубл. 07.09.87, Бюл. № 13. – 3 с.
8. Кондратьев, В.Н. Технология планировки и рыхления откосов каналов сменным оборудованием НО-10 к экскаватору ЭО-3223 (рекомендации) / В.Н. Кондратьев, А.В. Спиркин, Н.Г. Райкевич, Т.Г. Свиридович, В.Н. Пекур, Н.Н. Прокопович. – Минск: РУП «Институт мелиорации», 2008. – 20 с.
9. Фреза к планировщику-рыхлителю откосов каналов: пат. 4465 Респ. Беларусь / В.Н. Кондратьев, Н.Г. Райкевич, В.Н. Пекур. – № и 20070879; заявл. 11.12.2007; опубл. 30.06.2008, НЦИС РБ.

10. Рабочий орган планировщика-рыхлителя: пат. 5158 Респ. Беларусь / В.Н. Кондратьев, Н.Г. Райкевич, В.Н. Пекур, А.В. Спиркин. – № и 20080500; заявл. 18.06.2008; опубл. 30.04.2009, НЦИС РБ.

Summary

Kondratiev V.N., Prokopovich N.N.

THE CHOICE OF REPLACEMENT EQUIPMENT OF THE ACTIVE ACTION FOR THE PREPARATION OF CHANNEL SLOPES FOR SOWING SEEDS

The authors have shown some historical aspects of creation of active action planners-rippers to prepare the slopes of channels for sowing grass in the Republic of Belarus. They proved the necessity of further improvement of scheduler-ripper NO-10 depending on the chosen energy base for its sample.

Поступила 12 января 2012 г.