

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**

Е. И. Мажугин

МАШИНЫ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

**Рекомендовано Учебно-методическим объединением
высших учебных заведений Республики Беларусь
по образованию в области сельского хозяйства
в качестве учебного пособия для студентов
высших учебных заведений, обучающихся по специальности
1- 74 06 04 Техническое обеспечение мелиоративных
и водохозяйственных работ**

Горки 2010

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ НАУКИ, ОБРАЗОВАНИЯ И КАДРОВ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Е. И. Мажугин

МАШИНЫ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Рекомендовано Учебно-методическим объединением
высших учебных заведений Республики Беларусь
по образованию в области сельского хозяйства
в качестве учебного пособия для студентов
высших учебных заведений, обучающихся по специальности
1- 74 06 04 Техническое обеспечение мелиоративных
и водохозяйственных работ

Горки 2010

УДК 631.311.5 (075.8)

ББК 40.723я73

М 13

Рекомендовано методической комиссией факультета механизации сельского хозяйства 15. 01. 2009 (протокол № 4) и научно-методическим советом БГСХА 27. 01. 2009 (протокол № 5).

Мажугин, Е. И.

М 13. Машины для эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных объектов: Учебное пособие. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2010. 335 с.

ISBN

Изложены организационные принципы эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных объектов, приведены назначение и классификация машин для очистки каналов, удаления растительности, ремонта и обслуживания закрытых дренажных систем, ухода за гидротехническими сооружениями, а также мелиоративных земснарядов. Описаны принципы действия машин и их рабочих органов, отражены особенности конструкций ходовых систем, даны основные технические показатели машин. Для наиболее применяющихся типов рабочих органов и машин рассмотрена кинематика, расчет важнейших параметров рабочих органов, теоретическое определение сопротивлений и потребной мощности, особенности тяговых и статических расчетов.

Для студентов специальности 1-74 06 04 – Техническое обеспечение мелиоративных и водохозяйственных работ, аспирантов, преподавателей вузов, инженерно-технических работников, разработчиков мелиоративной ремонтно-эксплуатационной техники.

Таблиц 30. Рисунков 327. Библиогр. 19.

Рецензенты: первый зам. генерального директора РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», доктор технических наук В.В. АЗАРЕНКО;

канд. техн. наук, доцент кафедры строительства и эксплуатации ГМС УО «БГСХА» М. А. ШУХ.

УДК 631.311.5 (075.8)

ББК 40.723я73

ISBN

© Е. И. Мажугин, 2010

© Учреждение образования
«Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2010

ПРЕДИСЛОВИЕ

Современное сельскохозяйственное производство требует выполнения различных мелиоративных мероприятий, строительства мелиоративных объектов. Работы эти, как правило, трудоемкие и дорогостоящие и выполняются с применением большого количества общестроительных и специальных мелиоративных машин. Надлежащую отдачу от сделанных вложений можно получить только при рациональной эксплуатации мелиорированных земель, мелиоративных и водохозяйственных систем и сооружений. Эксплуатация, обслуживание и ремонт мелиоративных и водохозяйственных объектов выполняются в основном с применением соответствующих специальных машин.

Данное учебное пособие составлено в соответствии с образовательным стандартом и охватывает все вопросы лекционной части типовой учебной программы. Согласно программе основное внимание в лекционной части уделяется назначению, классификации, основным требованиям, техническим возможностям, условиям применения, описанию устройства и работы машин для эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных объектов, анализу достоинств и недостатков машин, а также основам их теории и расчета. Устройство и работа машин в описательной части учебного пособия рассматривается применительно к принципиальным и конструктивно-компоновочным схемам типичных машин и не посвящается глубокому изучению машин конкретных марок. Изучение назначения, технических характеристик, устройства, работы, основных регулировок, особенностей технического обслуживания и техники безопасности наиболее сложных и распространенных машин конкретных марок предполагают лабораторные работы. В разделах, посвященных изучению основ теории и расчета машин и относящихся к кинематике, расчету основных параметров, действующих сил и потребляемых мощностей, рассмотрены машины с типичными наиболее распространенными рабочими органами.

При написании учебного пособия использованы работы З. Н. Артемьевой, М. Н. Багрова, Б. А. Васильева, И. И. Мера, Ю. Г. Ревина, Н. Т. Кавешникова, В. Н. Кондратьева, И. П. Кружилина, А. П. Лихачевича, Н. А. Орловой, В. Г. Пескова, В. А. Скотникова, Э. А. Сухарева и других, техническая документация по машинам, иллюстративные материалы фирм «Berku», «Husqvarna», «Ducker», «Unimog», ОАО «Кохановский экскаваторный завод» и другие, а также разработки автора.

ВВЕДЕНИЕ

Сокращение объёмов мелиоративного строительства и обострение актуальности эффективного использования имеющихся мелиоративных и водохозяйственных объектов повысили потребность в машинах для эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных объектов.

Курс «Машины для эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных объектов» в подготовке инженера по техническому обеспечению мелиоративных и водохозяйственных работ является решающим в изучении конструкций, технических и технологических возможностей, теории и методов расчёта этих специализированных машин.

Цель курса – на основе изучения конструкции и работы основных типов машин для эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных объектов, технических возможностей, методик проектирования, достоинств и недостатков конструкций и методов их устранения, основных направлений и тенденций развития подготовить будущего инженера к эффективному освоению существующей техники, а также новых отечественных и зарубежных машин, к разработке и теоретическому обоснованию технических предложений по модернизации существующих или созданию новых машин или их составных частей.

Задачами изучения курса являются:

вооружение специалиста знаниями, необходимыми для освоения разнообразных конструкций машин для эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных объектов;

изучение особенностей использования разных типов данной группы машин как основы для последующего овладения вопросами их технической эксплуатации, технологии и организации эксплуатационно-ремонтных работ на объектах, экономики, охраны труда, экологии;

освоение методов расчётов и проектирования типовых рабочих органов, ознакомление с приёмами выявления недостатков машин и методами их устранения.

В результате решения сформулированных задач и достижения поставленной цели студент должен:

знать назначение, область применения, технические возможности, принцип действия, основные регулируемые параметры, особенности техники безопасности, основы теории и расчета машин для эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных объектов и тенденции развития;

уметь подбирать необходимую технику для выполнения ремонтно-

эксплуатационных работ, выполнять расчеты машин и конструировать их элементы, анализировать конструкции машин, обосновывать технические предложения по улучшению существующих или созданию новых машин, разбираться в устройстве и работе находящихся в эксплуатации и вновь поступающих отечественных и зарубежных машин для эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных объектов.

Для решения задач по сохранению и восстановлению мелиорированных земель, проведению работ по реконструкции и восстановлению мелиоративных систем, выполнению ремонтно-эксплуатационных работ и агромелиоративных мероприятий, совершенствования мелиоративного земледелия и луговодства разработана Республиканская программа «Сохранение и использование мелиорированных земель на 2006-2010 годы». В соответствии с вышеназванной программой разработана Система машин для комплексной механизации мелиоративных работ в Республике Беларусь на 2008-2015 годы.

Для выполнения мелиоративных работ Системой машин предусмотрены следующие группы технических средств: мобильные энергетические, транспортные и погрузочные средства; землеройные машины; машины для строительства и эксплуатации мелиоративных систем способом гидромеханизации; машины для строительства и эксплуатации мелиоративных систем; машины для производства культуртехнических работ на мелиорируемых землях; машины для первичной обработки земель осушительных систем; машины для улучшения лугов и пастбищ; прочие машины.

Предметом изучения в данном курсе являются технические средства для производства ремонтно-эксплуатационных работ, предусмотренные к использованию Системой машин, разработанной в Республике Беларусь, а также основные машины для зоны осушения из российской Системы машин, некоторые типичные и широко применяющиеся машины, производимые в других государствах. К таким машинам относятся: каналоочистительные машины; машины для скашивания и удаления растительности; машины для промывки и ремонта закрытого дренажа; машины для производства эксплуатационных и ремонтно-строительных работ методом гидромеханизации; машины для ремонта и содержания гидротехнических сооружений, в том числе агрегаты для ремонта ГТС, машины для очистки труб-переездов.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

P_t – техническая производительность;
 A_b – площадь поперечного сечения слоя воды над наносами;
 A_k – площадь поперечного сечения канала;
 $A_{\text{кав}}$ – площадь поперечного сечения кавальера;
 A_n – площадь поперечного сечения снимаемых наносов;
 A_c – площадь поперечного сечения снимаемых наносов сегментной формы или площадь поперечного сечения снимаемой стружки наносов;
 a_w – межосевое расстояние;
 B_3 – конструктивная ширина захвата;
 B_p – ширина редуктора;
 b_d – ширина канала по дну;
 b_3 – ширина задней части ковша;
 b_k – ширина ковша;
 b_l – ширина ножа-лопатки, лопасти;
 b_n – ширина ножа роторной косилки;
 b_c – ширина скребка;
 C – подача на скребок или на ковш;
 $C_{\text{уд}}$ – число ударов ударника ДорНИИ;
 D – диаметр кожуха фрезы, максимальный диаметр шнека;
 D_f – наружный диаметр дренапромывочной головки;
 $D_{\text{др}}$ – внутренний диаметр дрены;
 D_b – диаметр вала шнека;
 D_m – диаметр метателя;
 D_p – диаметр ротора косилки по концам ножей;
 $D_{\text{ср}}$ – средний диаметр конического шнека;
 $D_{\text{ф}}$ – диаметр фрезы по концам ножей-лопаток;
 $D_{\text{шл}}$ – наружный диаметр шланга;
 D_{max} – максимальный диаметр конического шнека;
 D_{min} – минимальный диаметр конического шнека;
 d, d_d – делительный диаметр шестерни;
 $d_{\text{ст}}$ – диаметр ступицы фрезы или метателя;
 F_z – горизонтальная боковая реакция в шарнире соединения рабочего оборудования с базовой машиной;

$d_{\text{шл}}$ – внутренний диаметр шланга;
 d_b – диаметр вала у основания конического шнека;
 d_3, d_n – диаметры заднего и переднего отверстий дренапромывочной головки;
 F_6 – сила сопротивления перемещению бермоочистителя;
 F_r – горизонтальная составляющая усилия взаимодействия рабочей ветви цепи с грунтом;
 F_v – вертикальная составляющая усилия взаимодействия рабочей ветви цепи с грунтом;
 $F_{\text{вн}}$ – сила, препятствующая внедрению ковшей или скребков в грунт;
 $F_{\text{нат}}$ – сила, затягивающая шнек в наносы;
 F_k – сила копания;
 $F_{\text{окр}}$ – окружная сила;
 $F_{\text{раз}}$ – сила, препятствующая разгону грунта;
 $F_{\text{рез}}$ – сила резания грунта кожухом;
 F_p – реактивная сила;
 F_c – тяговое суммарное сопротивление;
 $F_{\text{сц}}$ – возможная сила тяги по сцеплению;
 F_t – необходимая сила тяги;
 $F_{\text{тр}}$ – сила трения;
 $F_{\text{ц}}$ – усилие в цепи;
 $F_{\text{ц.б}}$ – центробежная сила;
 $F_{\text{ц.р}}$ – усилие взаимодействия рабочей ветви цепи с грунтом;
 F_q – сила, препятствующая черпанию грунта;
 $F_{\text{шн}}$ – окружная сила на шнеке;
 F_s – сила сопротивления перемещению ходового устройства;
 F_x – горизонтальная реакция в шарнире соединения рабочего оборудования с базовой машиной;
 F_y – вертикальная реакция в шарнире соединения рабочего оборудования с базовой машиной;
 l_d – длина режущей части ножа-лопатки;
 $l_{\text{от}}$ – длина откоса;

f_0 – коэффициент сопротивления передвижению ходового устройства;
 f_1 – коэффициент трения стали о грунт;
 f_2 – коэффициент трения грунта о грунт;
 $f_{оч}$ – удельное усилие сдвиганию грунта в ковше;
 G_m – сила тяжести машины;
 G_t – сила тяжести базовой машины (трактора);
 H_k – глубина канала;
 $H_{кав}$ – высота кавальера;
 H_n – расчетная высота подъема грунта;
 H_0 – расчетная высота подъема грунта над дневной поверхностью;
 $H_{п.к}$ – расчетная высота подъема грунта до дневной поверхности;
 h_k – высота ковша;
 h_n – толщина снимаемых наносов;
 h_p – высота режущей части ножа косилки;
 h_c – высота скребка;
 K – модуль расхода;
 K_d – коэффициент динамичности;
 K_z – коэффициент запаса мощности;
 K_f – коэффициент формы ковша;
 k_k – коэффициент, учитывающий концентрацию грунта в кожухе фрезы;
 k_n – коэффициент наполнения;
 k_p – коэффициент разрыхления грунта;
 $k_{p.г}$ – коэффициент расположения грунта на лопатке;
 k_y – удельное сопротивление резанию наносов кожухом;
 k_1 – коэффициент удельного сопротивления грунта копанию;
 L_a – длина выступающей части шнека;
 L_d – длина дуги срезаемых наносов;
 L_n – длина ножа роторной косилки;
 L_p – длина рабочей части шнека;
 L_c – длина снимаемой стружки;
 L_t – теоретическая длина шнека;
 $L_{шл}$ – длина шланга;
 l_k – длина ковша;
 $P_{уд}$ – удельная мощность;
 $P_ч$ – мощность на черпание грунта;
 R – радиус фрезы или ротора;
 R_f – нормальная реакция со стороны грунт на движитель;
 R_k – радиус днища ковша;

$l_{отб}$ – дальность отбрасывания наносов;
 l_n – величина перекрытия траекторий концов ножей роторных косилок;
 m – коэффициент заложения откоса канала, масса, модуль зубчатой передачи;
 $m_{p.o}$ – масса рабочего органа;
 N_p – число роторов косилки;
 n – частота вращения;
 n_k – частота вращения кривошипа косилки;
 n_m – частота вращения метателя;
 $n_{от}$ – число отверстий дренапромывочной головки;
 $n_{шн}$ – частота вращения шнека;
 Q_f – расход воды через сопла дренапромывочной головки;
 $Q_{гр}$ – производительность дренапромывочной машины по грунту;
 Q_f – общий расход воды через сопла дренапромывочной головки;
 Q_n – подача насоса;
 Q_n – расход воды через переднее сопло дренапромывочной головки;
 $P_б$ – мощность базовой машины;
 $P_{дв}$ – мощность двигателя;
 $P_{p.o}^{дв}$ – мощность на привод рабочего органа, приведенная к валу двигателя;
 $P_{пер}^{дв}$ – мощность на передвижение машины, приведенная к валу двигателя;
 $P_{всп}^{дв}$ – мощность на привод вспомогательных механизмов машины, приведенная к валу двигателя;
 P_k – мощность на копание грунта;
 $P_{оч}$ – мощность на очистку ковшей от налипающего грунта;
 $P_{от}$ – мощность на привод устройства, отбрасывающего в отвал грунт;
 P_n – мощность на подъем грунта к месту выгрузки;
 P_p – мощность на разгон грунта;
 $P_{тр}$ – мощность на преодоление сил трения;
 z_n – число ножей на роторе или фрезе;
 z_p – частота разгрузок;
 z_c – частота ссылок;
 α – продольный угол уклона местности;
 α_s – угол заострения ножа косилки;
 α_k – угол контакта;

$R_{оп}$ – опорная реакция кожуха;
 $r_{кр}$ – радиус кривошипа;
 S – шаг шнека;
 S_n – шаг ножей сегментной косилки;
 $S_{пн}$ – шаг пальцев сегментной косилки;
 S_x – величина хода ножей сегментной косилки;
 T – подача на оборот ротора, вращающий момент;
 T_k – шаг ковшей;
 T_c – шаг скребков;
 T_p – расчетный момент;
 $t_{об}$ – время оборота;
 $t_{ц}$ – шаг цепи;
 u – передаточное отношение;
 V_k – геометрическая вместимость (объем) ковша;
 V_c – теоретический объем межскребкового пространства;
 v – скорость;
 v_a – абсолютная скорость ковша или скребка;
 v_b – скорость движения винтовой линии шнека;
 v_n – скорость ножа сегментной косилки;
 v_r – скорость передвижения дренажной головки;
 $v_{окр}$ – окружная скорость;
 $v_{пн}$ – скорость рабочего передвижения;
 v_p – окружная скорость шнека;
 $v_{цн}$ – скорость цепи;
 z – число зубьев зубчатого колеса;
 z_b – частота выгрузок;

α_d – угол отклонения ножа-лопатки от радиального направления;
 α_n – угол подъема винтовой линии шнека;
 α_p – угол раствора сегментного аппарата косилки;
 β_n – угол наклона образующей конической поверхности шнека;
 β_z – угловой шаг;
 γ – угол отклонения вектора абсолютной скорости от вектора скорости цепи;
 γ_3 – задний угол режущего элемента;
 δ_n – толщина ножа косилки;
 δ_c – толщина снимаемой стружки наносов, толщина сегмента косилки;
 ε – коэффициент соотношения между касательной и нормальной составляющими силы на копании грунта;
 $\eta_{от}$ – к.п.д. отбрасывающего грунт устройства;
 η_p – к.п.д. рабочего органа;
 $\eta_{тр}$ – к.п.д. трансмиссии;
 λ – угол наклона откоса канала к горизонту;
 ρ – плотность грунта;
 ρ_b – плотность воды;
 φ_r – угол естественного откоса грунта;
 φ_c – угол трения грунта о сталь или стали о стембель растительности;
 $\varphi_{сц}$ – коэффициент сцепления движителя с грунтом;
 ω – угловая скорость.

1. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

1.1. Необходимость выполнения и механизации работ по эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных объектов. Особенности выполнения эксплуатационно-ремонтных работ

Современное сельскохозяйственное производство требует осуществления различных мелиоративных мероприятий, таких, как производство культуртехнических работ, строительство мелиоративных систем, сооружение водохозяйственных объектов. Выполнение этих работ связано с большими затратами труда, материальных и денежных средств. Надлежащую отдачу от сделанных вложений можно получить только при рациональной эксплуатации мелиорированных земель, мелиоративных и водохозяйственных систем и сооружений.

Государственной программой возрождения и развития села на 2005–2010 годы в целях повышения эффективности использования осушенных земель предусматривается:

обеспечить поддержание в нормативном состоянии мелиоративных и водохозяйственных систем на площади 2,2 млн. гектаров;

выполнить в первоочередном порядке восстановление:

мелиоративных систем в валообразующих сельскохозяйственных организациях, в организациях, имеющих крупные животноводческие комплексы и более 50 % мелиорированных земель в составе сельхозугодий;

гидротехнических сооружений крупных водохранилищ;

мелиоративных систем в паводкоопасных районах;

мелиоративных систем, обеспечивающих высокую экономическую отдачу вложенных средств.

Всего на содержание мелиоративных и водохозяйственных систем, восстановление мелиоративного фонда направляется 302,8 млрд. рублей бюджетных средств. Это требует своего отражения в подготовке специалистов по механизации мелиоративных и водохозяйственных работ.

В связи со снижением актуальности дальнейшей экстенсивной мелиорации возросла роль эффективной эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных объектов, тем более что годовые эксплуатационные расходы составляют около 10 % стоимости вновь сооружаемого объекта. При этом объёмы работ на существующих объектах остаются довольно большими. Ориентировочно по странам СНГ ежегодно объёмы земляных работ составляют 1360 млн. м³, площади окашиваемых берм и откосов каналов – 600 тыс. га, длина охватываемых профилак-

тическими работами дренажных линий – более 2 млн. км. Обслуживанию подлежат около 5 млн. единиц гидротехнических сооружений.

В Республике Беларусь площади сельхозугодий составляют около 8,99 млн. га. Мелиорированные земли составляют примерно 6 млн. га, из них около 2,9 млн. га земли, подвергнутые осушению, в числе которых польдерные (250 тыс. га), охваченные осушительно-увлажнительными системами свыше 700 тыс. га, орошаемые земли составляют около 100 тыс. га. На мелиорированных землях имеется до 800 тыс. км коллекторно-дренажной сети, более 15 тыс. водорегулирующих сооружений, около 35 тыс. переездных сооружений, свыше 10 тыс. км дамб и дорог.

В соответствии с Республиканской программой «Сохранение и использование мелиорированных земель на 2006–20010 годы» по состоянию на 1 января 2004 г. общая площадь осушенных земель составила 3417,1 тыс. га, или 71 % мелиоративного фонда переувлажненных земель, требующих проведения первоочередного осушения. В общей площади осушенных земель республики сельскохозяйственные земли занимают 2905,6 тыс. га, из них пахотные – 1234,4 тыс. га, луговые – 1650,2 тыс. га.

Большая часть осушенных земель (63 %) сконцентрирована в Брестской, Гомельской и Минской областях. Если на одного землепользователя республики в среднем приходится 1020 га осушенных земель, то в Брестской области – 1621 га. В 15 районах республики осушенные земли составляют более 50 % площади сельскохозяйственных земель и обеспечивают производство основной части продукции растениеводства на их территории.

В составе осушенных сельскохозяйственных земель торфяные почвы занимают 901 тыс. га (31 %), минеральные – 2004,6 тыс. га. Торфяные почвы на осушенных землях преобладают в Брестской (207,7 тыс. га), Гомельской (206,1 тыс. га) и Минской (263,3 тыс. га) областях. Значительно меньше их в Витебской (55,5 тыс. га), Гродненской (93,4 тыс. га), Могилевской (74,7 тыс. га) областях. Около 70 % этих почв представлено маломощными торфяниками (до 1 метра). В настоящее время 280 тыс. га торфяных почв используются в качестве пахотных земель.

Площадь осушенных земель с закрытым дренажем составляет 2231,9 тыс. га. Введено в эксплуатацию 752,9 тыс. га мелиоративных систем с двухсторонним регулированием водного режима, на площади 252, тыс. га построены польдерные системы. Мелиоративные системы включают сложный комплекс технических сооружений и устройств: около 170 тыс. км каналов и водоприемников, 136,3 тыс. гидротехнических сооружений, 964,8 тыс. км закрытых дренажных коллекторов и

дрен, 477 польдерных насосных станций, около 20 тыс. км эксплуатационных дорог, 925 прудов и водохранилищ.

Перечисленные объекты требуют грамотной, эффективной эксплуатации, которая является достаточно сложным процессом, связанным с необходимостью выполнения разнообразных трудоёмких профилактических, ремонтных и обслуживающих работ.

По аналогии с другими техническими объектами *эксплуатацию* мелиоративных объектов можно разделить на *производственную* и *техническую*.

Первая состоит в использовании эксплуатируемого объекта по назначению, *вторая* представляет собой комплекс технических, экономических и организационных мероприятий, обеспечивающих поддержание объекта в работоспособном состоянии.

Работоспособное состояние – состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность объекта выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Процесс перевода объекта из неработоспособного состояния в работоспособное называется *восстановлением*.

Кроме эксплуатации на объектах выполняются *ремонт*, и может производиться их *реконструкция*, *модернизация* или *улучшение*. Наиболее трудоёмкими и важными являются ремонтные работы, поэтому часто операции технической эксплуатации называют эксплуатационно-ремонтными или, иногда, ремонтно-эксплуатационными.

Наибольшую сложность в эксплуатации представляют оросительные, осушительные и осушительно-увлажнительные системы, водоёмы, водотоки, дороги, насосные станции, крупные гидротехнические сооружения.

Задачами служб эксплуатации являются:

управление водными ресурсами мелиорируемой территории на основе внутрихозяйственных и общесистемных планов оперативного и перспективного водопользования;

регулирование влажности в корнеобитаемом слое почвы в течение вегетационного периода;

устранение разрушительных воздействий воды и других природных факторов на отдельные элементы эксплуатируемых объектов;

установление периодичности и своевременное выполнение планово-предупредительных ремонтов и осмотров инженерных сооружений;

оценка влияния мелиораций на окружающую среду и прогнозирование изменений природной обстановки (мониторинг);

охрана объекта от повреждений и разрушений;

контроль за соблюдением правил водопользования;

контроль за соблюдением противопожарных мероприятий на торфяниках и организация тушения возникающих пожаров;
проведение гидрометрических наблюдений.

По сравнению с новым мелиоративным строительством эксплуатационно-ремонтные работы имеют свои *особенности*. Они имеют малые удельные объёмы, объекты ремонта расположены на больших расстояниях, выемка наносов из каналов производится, как правило, изпод воды, часто, воды с растительностью. Большинство каналов имеют капитальные крепления, русловые гидротехнические сооружения, которые в процессе производства технологических операций необходимо предохранять от повреждений рабочим органом машин. Кроме того, обычно дамбы, дренажные системы, каналы в благоприятный для проведения эксплуатационных и ремонтных работ период труднодоступны из-за наличия посевов на прилегающих площадях, значительный объём работ необходимо выполнять на наклонных откосах каналов, плотин и дамб.

Все эти и некоторые другие факторы требуют механизации производства работ с применением не только общестроительных или специальных мелиоративных, но и большого количества эксплуатационно-ремонтных машин.

1.2. Состав механизированных работ по обслуживанию, ремонту и реконструкции мелиоративных и водохозяйственных объектов

К мелиоративным и водохозяйственным объектам, ремонт и эксплуатация которых производится с использованием специализированных машин, относятся: плотины, дамбы, осушительные и оросительные каналы, осушительные и осушительно-увлажнительные дренажные системы, водоёмы, отстойники, мелиоративные колодцы, водозаборные скважины, гидротехнические сооружения на каналах.

В результате ошибок при проектировании, нарушений технологии, влияния различных природных факторов, нарушений правил эксплуатации перечисленные объекты теряют свою работоспособность.

К природным факторам относятся: ливни, паводки, наводнения, ледоходы, землетрясения, осадка торфа, зарастание, заиливание, деятельность землеройных животных, замерзание и оттаивание почвы и т.д.

В зависимости от вида объекта и причин утраты работоспособности для её восстановления выполняются следующие *виды работ*:

на каналах – углубление и очистка русел каналов от наносов и заиления, удаление посторонних предметов, скашивание (уничтожение) травянистой растительности на дне, откосах и бермах, срезание дре-

весно-кустарниковой растительности, ремонт крепления русл и откосов, восстановление профиля и крепления;

на закрытых дренажных системах – промывание дрен, устранение просадки дрен, устранение закупорки дрен, восстановление водоприемной способности дрен, замена повреждённых трубок, ремонт сопряжений дрен и коллекторов, ремонт устьев, очистка и ремонт колодцев;

на водоёмах и водотоках – удаление водной растительности, извлечение ила и сапропелей, укрепление берегов, ремонт плотин, дамб и откосов;

на пастбищах, сенокосах и орошаемых землях – рыхление и планировка с агрохимическими мероприятиями;

на ГТС – заделка трещин и стыков в бетонных элементах, очистка аванкамер, труб-переездов, сороудерживающих решёток насосных станций, окрасочные работы;

на водозаборных скважинах – очистка шахтных колодцев, восстановление дебита, цементирование, демонтаж водоподъёмного оборудования.

Кроме эксплуатационных и ремонтных работ объект может быть подвергнут переустройству (реконструкции) или улучшению (совершенствованию).

Ремонт – это комплекс мероприятий по восстановлению исправности или работоспособности объектов и восстановлению ресурсов объектов или их составных частей.

Реконструкция – это система мероприятий, направленных на изменение схемы работы, параметров объекта, замены его элементов с целью повышения эффективности его работы или изменения назначения объекта.

Реконструкция осуществляется за счёт средств, отпускаемых на новое строительство.

Иногда объект может быть подвергнут *модернизации*, т.е. усовершенствованию, отвечающему современным требованиям.

Улучшение – система мероприятий, предусматривающая устранение основных технических дефектов объекта, установку дополнительных элементов, осуществление других относительно простых и дешёвых мер.

Улучшение выполняется за счёт средств, отчисляемых в амортизационный фонд.

По сложившейся практике простые эксплуатационные работы выполняет землепользователь за счёт собственных средств, более сложные и трудоёмкие работы, а также реконструкцию и улучшение выполняют специализированные межрайонные предприятия за счёт средств землепользователя или бюджетных средств. Эффективность технической эксплуатации мелиоративных объектов во многом зависит от

принятой системы (структуры) технических обслуживаний и ремонтов. Ремонтно-эксплуатационные работы целесообразно выполнять при обнаружении дефектов или, что более эффективно, путём организации выполнения работ по существующей планово-предупредительной системе.

1.3. Планово-предупредительная система

Планово-предупредительная система (ППС) – это совокупность организационно-технических мероприятий по поддержанию мелиоративного объекта в исправном состоянии при сохранении всех его параметров, близкими к проектным, для обеспечения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур на мелиорированных землях, а также увеличения межремонтных сроков и снижения эксплуатационных расходов.

Планово-предупредительная система включает в себя осмотр (обследование), технический уход № 1 (ТУ-1), технический уход № 2 (ТУ-2), технический уход № 3 (ТУ-3), текущий ремонт (ТР), капитальный ремонт (КР) и аварийный ремонт (АР).

Такие объекты, как насосные станции, дизельэлектростанции, дождевальные машины, машины для обслуживания мелиоративных систем имеют свою систему ПППР.

Мелиоративные системы *осматривают* три раза в год – два раза весной (перед и после паводка) и осенью. Кроме того, осмотры проводятся по заявлениям землепользователей, при появлении признаков неудовлетворительной работы системы, после выпадения обильных осадков, после крупных аварий или стихийных бедствий.

Цель осмотров – оценка состояния объектов, составление плана работ и при необходимости составление проектно-сметной документации на производство ремонтных работ или актов на доукомплектование объекта.

Технические уходы являются профилактическими мероприятиями, направленными на увеличение срока службы объекта, повышение его безотказности, увеличение межремонтного цикла и снижение затрат на эксплуатацию.

ТУ-1 выполняют в зимний и предпосевно-посевной периоды.

Выполняются расконсервация объекта, очистка от снега и льда устьев коллекторов, отверстий труб-переездов, осуществляются мероприятия по предотвращению заторов льда в каналах, пропуску паводка, заготавливается камень, хворост, фашина, мешки с песком, ремонтируются дороги, ремонтируются ГТС, мосты, окрашиваются, смазываются и опробуются подвижные элементы водоподпорных и водорегу-

лирующих сооружений, ремонтируется бетонная облицовка каналов, исправляются места размывов и оползней рек и каналов и т.п.

ТУ-2 проводят в вегетационный период с целью регулирования водного режима, очистки каналов от наносов и растительности, местного ремонта дрен, ремонта крепления каналов дёрном и подсевом трав, удобрения и подсева трав на каналах и вдоль дорог, устранения оползней, перекаатов и завалов, удаления посторонних предметов, нивелировки смотровых колодцев, водоприёмников и каналов, заделки трещин в ГТС.

ТУ-3 осуществляется в осенне-зимний период с целью консервации и предзимней подготовки системы. Выполняется промывка трубопроводов, оценка их состояния под напором, опорожнение сети от воды, окраска трубопроводов и арматуры, нанесение защитных покрытий, расчистка колодцев, сточных воронок, борозд и кюветов, защита отверстий и дорожных сооружений от снега, удаление водной растительности из каналов, вырубка кустарника, исправление покрытия дорог, ремонт гидрометрических пунктов береговой и дорожной обстановки, обслуживания подпорных сооружений.

Ремонты в структуре ППС характеризуются межремонтным циклом, межремонтным периодом и структурой ремонтного цикла.

Под *межремонтным циклом* понимается время эксплуатации объекта между двумя очередными капитальными ремонтами, а для вновь построенного объекта – время от начала эксплуатации до первого КР.

Межремонтный период – это время эксплуатации объекта между двумя любыми очередными плановыми ремонтами.

Структурой ремонтного цикла является чередование осмотров, техуходов и ремонтов в определённой последовательности через определённые промежутки времени.

Текущий ремонт предназначен для поддержания работоспособности эксплуатируемого объекта. Он выполняется эксплуатационным персоналом, как правило, ежегодно. Объём работ устанавливают на основании обследования объекта. На основании результатов обследования составляют дефектные ведомости и график проведения ремонтов частей объекта. Поэтому его еще называют профилактическим.

Наиболее распространёнными видами работ при ТР являются: удаление грунта в местах перекаатов, оползней, подмывов в водоёмах, реках и каналах; исправление повреждений в дамбах, плотинах, шлюзах, трубах-переездах, трубах-регуляторах; подсыпка подъездов к мостам и трубам-переездам; очистка и профилировка каналов; замена повреждённых трубопроводов и дрен; промывка дрен и коллекторов; ремонт водомерных постов, наблюдательных колодцев, береговых и дорожных знаков.

Капитальный ремонт предназначен для полного восстановления поврежденных или изношенных за межремонтный цикл важнейших элементов объекта, неисправность которых ограничивает производительность объекта.

При капитальном ремонте возможны уточнения или некоторые изменения исходных параметров объекта.

Капитальный ремонт может быть *выборочным* и *комплексным*. При выборочном ремонтируют отдельные части объекта, а при комплексном – весь объект. Капитальный ремонт каждого объекта имеет свои особенности, поэтому его выполняют по заранее составленным и утвержденным проектам и сметам.

Типичными работами при КР являются: восстановление первоначальных проектных параметров каналов, дамб, плотин; крепление русл и откосов каналов; крепление откосов плотин и дамб; замена изношенных или поврежденных элементов ГТС; ремонт и замена трубопроводов и запорно-управляющей арматуры; прочистка или перекладка вышедших из строя дренажных и коллекторных труб; прокладка дополнительных дрен и каналов; замена и восстановление устьев, поглощительных и смотровых колодцев; строительство дополнительных колодцев, дорог, труб-переездов, плотин, мостов; ремонт дорог; установка насосного и прочего оборудования.

Аварийный ремонт является unplanned и выполняется для устранения неисправностей объекта, возникающих в результате стихийного бедствия, нарушений правил эксплуатации или других подобных причин.

1.4. Планирование капитальных ремонтов

Планирование работ, разработку проектно-сметной документации и реализацию эксплуатационно-ремонтных мероприятий следует производить в соответствии с действующим Руководящим документом “Классификация работ по техническому обслуживанию мелиоративных систем в Республике Беларусь”. Капитальный ремонт назначают, если сметная стоимость ремонтных работ составляет 20...50 % от балансовой стоимости объекта.

В имеющихся нормативных документах указываются ориентировочные сроки проведения КР, однако их следует проводить, исходя из соображений минимизации затрат. Существуют *три метода назначения сроков ремонта* – по состоянию параметров, по календарным срокам и комбинированный.

В первом случае ремонт назначают, когда контролируемые параметры объекта вышли за допустимые пределы. Например, дрены осушительной системы достигли предельного заилиения. Во втором случае

основанием для решения о назначении КР является время эксплуатации объекта после ввода его в действие или время, прошедшее после последнего КР объекта и соотносённое с рекомендуемыми нормативными сроками проведения ремонтов. Комбинированный способ предусматривает совмещение двух первых методов. Например, если при эксплуатации осушительной системы открытые каналы требуют ремонта, а закрытый дренаж не утратил работоспособности, то открытая сеть может быть подвержена КР по состоянию параметров, а закрытая сеть будет ремонтироваться по календарным срокам.

Принцип определения оптимальных сроков КР можно рассмотреть на примере использования мелиорированного участка, осушаемого закрытым дренажем (рис. 1.1).

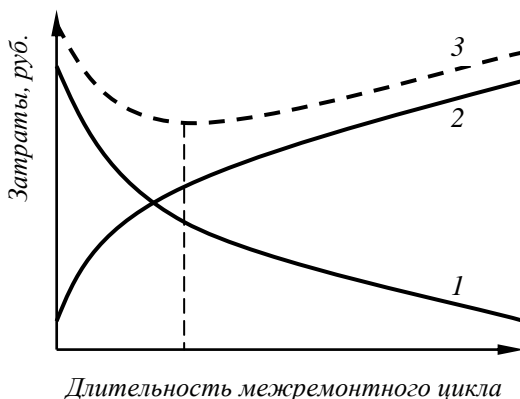


Рис. 1.1. Зависимость затрат от периодичности КР.

Увеличение межремонтного цикла ведёт к снижению частоты ремонтов и, соответственно, снижению общих затрат на их проведение. Характер этой зависимости ориентировочно отражён кривой 1. Однако это ведёт к заболачиванию участка, которое затрудняет проведение сельхозработ и снижает урожайность выращиваемых культур, что ведёт к росту затрат на получение единицы сельскохозяйственной продукции (кривая 2). Кривая 3, описывающая суммарные затраты от ухудшения работоспособности дренажной сети, имеет минимум, соответствующий оптимальному сроку проведения КР. Ориентировочные сроки службы и периодичность КР (межремонтный цикл) некоторых важнейших элементов и сооружений мелиоративных систем приведены в табл. 1.1.

Т а б л и ц а 1.1. Примерные сроки межремонтных циклов элементов мелиоративных систем

Сооружения	Срок службы, лет	Периодичность КР, лет
Отрегулированные реки-водоприёмники и крупные магистральные каналы	75	15
Проводящие и водопроводящие каналы	60	10
Нагорные и ловчие каналы	50	8
Регулирующая открытая сеть	30	6
Керамический дренаж	75	20
Пластмассовый дренаж	30	10
Деревянный (дощатый) дренаж	20	10
Железобетонные шлюзы-регуляторы	50	20
Железобетонные устья закрытых коллекторов	20	–
Железобетонные мосты	60	25
Крепление откосов каналов армированными бетонными плитами	30	15
Крепление откосов каналов фашинами или плетнём	7	–
Крепление откосов каналов дёрном	20	–
Водохранилища и пруды (очистка от наносов) при полном объёме, млн. м ³ :		
от 50 до 100	100	30
от 1 до 50	70	20
менее 1 (пруды)	50	15
Земляные плотины и дамбы обвалования с объёмом тела, тыс. м ³ :		
от 10 до 100	65	20
менее 10	60	15

Сроки службы и периодичность капитальных ремонтов приведены ориентировочные. Они могут меняться в зависимости от региональных особенностей, сложности объекта и требований к нему.

При ППС планирование призвано решить следующие основные задачи:

- установление и назначение сроков ремонта;
- согласование ремонтного периода с землепользователем с целью своевременного и полного производства работ для обеспечения бесперебойного действия эксплуатируемого объекта;
- оптимальное использование средств механизации, оборудования и рабочей силы;
- своевременное приобретение необходимых строительных и топливо-смазочных материалов, машин и оборудования;
- обеспечение необходимыми трудовыми ресурсами.

Планирование основывается на обобщённых результатах наблюдений и обследований анализа оперативно-технической документации с учётом сезонности работ и перспективных планов развития хозяйства землепользователя.

1.5. Особенности технической эксплуатации дождевальных машин и насосных станций

Дождевальная техника относится к сельскохозяйственной технике и на нее распространяется та же система технического обслуживания, которая, однако, должна учитывать особенности эксплуатации дождевальной техники. Для дождевальных машин предусмотрены следующие *виды организационно-технических воздействий* по поддержанию работоспособности:

- техническое обслуживание, выполняемое при подготовке, проведении и по окончании эксплуатационной обкатки (ТО-Э);
- ежесменное техническое обслуживание (ЕТО);
- первое техническое обслуживание (ТО-1);
- второе техническое обслуживание (ТО-2);
- третье техническое обслуживание (ТО-3);
- обслуживание при постановке на длительное хранение (консервация) (ТО-О);
- обслуживание при длительном хранении (ТОхр);
- обслуживание при снятии с длительного хранения (расконсервация) (ТО-В);
- текущий ремонт (ТР);
- капитальный ремонт (КР).

Обслуживание ТО-Э производится после монтажа машины, выполняется оператором-поливальщиком совместно с монтажниками и включает в себя операции ЕТО и ТО-1.

В процессе эксплуатации машин ЕТО выполняется оператором-поливальщиком, а более сложные виды ТО могут выполняться специальными звеньями (2–3 человека) организации-подрядчика с привлечением ремонтно-обслуживающих и заправочных машин и использованием его ремонтной базы для проведения ТР и КР.

Технические обслуживания имеют следующую *периодичность*: ЕТО проводится через 8...10, ТО-1 – 60, ТО-2 – 240, ТО-3 – 960 часов работы машины или моточасов. Отклонение в сроках не должно превышать $\pm 20\%$ от установленной периодичности. Время работы фиксируется по фактически отработанному времени (время выдачи воды) машиной или по счётчику моточасов, или по объёму выданной воды, массе или объёму израсходованного топлива, политой площади, числу сменённых позиций или сделанных оборотов.

ТО-3 проводится для машин, базирующихся на тракторах или имеющих тракторный двигатель в качестве энергетического узла. При ТО-3 проводятся операции очередного ТО по дождевальному оборудованию и ТО-3 трактора. Современные тракторы имеют периодичность: ЕТО – 8...10; ТО-1 – 125; ТО-2 – 500; ТО-3 – 1000 моточасов.

ТО-О проводится после окончания поливного сезона при постановке на хранение, ТОхр – ежемесячно в осенне-зимний период и после сильного ветра или снегопада. ТО-В проводят весной при снятии с хранения. По возможности ТО-О, ТО-В и ТО-3 мобильных машин проводят на пунктах технического обслуживания или в мастерских.

При ЕТО производятся очистка и осмотр машины, контроль состояния отдельных агрегатов в работе, дозаправка и смазка. Номерные ТО предусматривают выполнение ЕТО, смазочные и крепёжные работы, промывку картеров редукторов, замену уплотнений насосов, очистку фильтров, замену рабочих жидкостей, диагностику, регулировочные работы и т. д.

ТО-О включает: очистку и мойку машины, доставку на место хранения, снятие отдельных сборочных единиц (аккумуляторы, дождевальные аппараты, шланги, приборы, проводка и т.п.) и подготовку их для хранения в складских условиях, герметизацию отверстий, восстановление окраски и нанесение защитных смазок, установку на подкладки и крепление машины, защиту пневматических колёс.

При ТОхр проверяется: правильность установки машины, комплектность, давление в шинах, надёжность герметизации, состояние защитных покрытий, упаковок и чехлов.

ТО-В предусматривает снятие машины с подставок, очистку машины, снятие консервирующих смазок, герметизирующих элементов и чехлов, установку снятых сборочных единиц и деталей, проверку и регулировку составных частей и машины в целом, сдачу на склад подставок, заглушек, биров, чехлов, проверку работы машины, которая производится не позднее чем за 2 недели до ожидаемого начала её эксплуатации.

Для простых дождевальных машин, не имеющих собственного двигателя, ТО-3 обычно не предусматривается.

Передвижные насосные станции (табл. 1.2) имеют два сезонных обслуживания (СТО-1 и СТО-2), ЕТО, ТО-1, ТО-2 и ТО-3, которые привязываются к структуре обслуживания базового трактора или энергетического агрегата. Пневмоход станций обслуживается при СТО-1 и СТО-2, а салазки и понтоны плавучих станций – только при СТО-2 по окончании сезона.

Т а б л и ц а 1.2. Периодичность обслуживания насосных станций, их основных частей и оборудования, мото-ч

Вид ТО	Передвижные навесные, прицепные и плавучие с дизельным двигателем	Электрические	
		Механическая часть и низковольтная аппаратура	Электро-двигатель
СТО-1	В начале сезона		

ЕТО	8...10		
ТО-1	60	60	15 дней
ТО-2	240	240	Нет
ТО-3	960	960	Нет
СТО-2	В конце сезона		

Основные работы по ТО дизельных станций связаны с обслуживанием двигателя, ходовой части и насосного оборудования, ТО выполняется по существующим для них правилам. Понтоны плавучих станций выгаскивают на берег, укладывают на подставки, осматривают, окрашивают и при необходимости ремонтируют.

Свои особенности в структуре ТО имеют машины, смонтированные на базе автомобилей, а также плавучие машины, в том числе, земснаряды. Последние, кроме того, имеют существенные различия в структуре обслуживания в зависимости от типа силовой установки.

При установке на насосную станцию двигателя с другой структурой технического обслуживания соответственно изменится и приведенная в табл. 1.2 структура обслуживания и самой насосной станции.

1.6. Общая классификация машин для эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных объектов

Основным классификационным признаком ремонтно-эксплуатационных машин является их назначение. Наиболее полная градация по этому признаку дана в «Федеральных регистрах базовых и зональных технологий и технических средств для мелиоративных работ в сельскохозяйственном производстве России до 2010 г.» или иначе – в российской Системе машин [18]. Близкое к ней деление приведено и в Системе машин Республики Беларусь [14].

По назначению согласно данной Системе машин ремонтно-эксплуатационные машины делятся на каналоочистительные, машины для скашивания и удаления растительности, машины для промывания и ремонта закрытого дренажа, машины для производства эксплуатационных работ способом гидромеханизации, машины для ремонта и содержания гидротехнических сооружений.

По характеру осуществления рабочего процесса машины делятся на машины циклического и непрерывного действия.

По характеру передвижения в процессе работы эксплуатационно-ремонтные машины делятся на машины позиционного действия и осуществляющие рабочий процесс в движении.

По зоне передвижения – могут быть береговыми, движущимися по откосу, седлающими или надканальными, внутриканальными или внутрируслowymi, со смешанными зонами.

По способу использования энергии основным рабочим органом различают машины с активным, пассивным и активно-пассивным рабочим органом.

По типу рабочего органа эксплуатационные машины делятся на одноковшовые, многоковшовые цепные, многоковшовые роторные, скребковые цепные, шнековые, фрезерные, роторные, с реактивными головками, водоструйные, землесосные, комбинированные, манипуляторные и др.

По расположению рабочего органа, по отношению к базовой машине, машины бывают с рабочим органом, навешенным сзади, спереди, сбоку, на поворотной платформе.

По возможности сменяемости рабочих органов машины делятся на машины с несменяемым (специализированные машины) и со сменяемым рабочим органом (многоцелевые машины или машины с набором сменяемых органов).

По способу агрегатирования рабочее оборудование подразделяется на навесное, полунавесное, прицепное, полуприцепное.

Рабочее оборудование, не контактирующее в процессе работы или транспортирования с грунтом, по аналогии с классификацией, принятой в сельскохозяйственном машиностроении, может быть названо монтируемым.

По типу ходового оборудования машины могут быть гусеничные, колёсные, гусенично-колёсные, плавучие.

По способу воздействия на обрабатываемую среду бывают механического, химического, термического, гидравлического, гидромеханического, гидродинамического, гидроакустического и других способов воздействия.

По режиму передвижения в процессе работы машины делятся на машины позиционного действия и осуществляющие рабочий процесс в движении.

По направлению движения режущих или копающих элементов по отношению к оси канала машины бывают с рабочими органами продольного, поперечного, продольно-поперечного копания или резания и с изменяемым или регулируемым направлением копания.

Машины с ротационными рабочими органами *по ориентации оси вращения* делятся на машины с рабочими органами, имеющими ось вращения, параллельную обрабатываемой поверхности, перпендикулярную обрабатываемой поверхности, параллельную оси канала, наклоненную к оси канала и к горизонту.

По виду привода основных агрегатов машины бывают с механическим, электрическим, гидравлическим и комбинированным приводом или трансмиссией.

Другими классификационными признаками могут быть: тип базовой машины, наличие средств автоматизации, вид режущих или копающих элементов, тип двигателя, количество опорных элементов ходовой части и т. п.

2. МАШИНЫ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ И РЕМОНТА КАНАЛОВ

2.1. Основные технологические операции по содержанию и ремонту каналов. Способы очистки каналов

На мелиоративных осушительных и оросительных системах важнейшим их составным элементом, во многом определяющим функционирование всей системы, зачастую является сеть каналов.

В результате ошибок при проектировании, нарушений технологии строительства, влияния различных природных факторов, нарушений правил эксплуатации они теряют свою работоспособность.

В зависимости от причин утраты работоспособности для её восстановления наиболее часто выполняются следующие *основные операции*:

углубление и очистка русл каналов от наносов и заиления, удаление посторонних предметов, уход за сеяной травой, скашивание (уничтожение) сорной травянистой растительности на дне, откосах и бермах, срезание древесно-кустарниковой растительности, ремонт крепления русл и откосов, восстановление профиля и крепления.

При ТУ-1 выполняется очистка от снега и льда устьев коллекторов, осуществляются мероприятия по предотвращению заторов льда в каналах, пропуску паводка, заготавливается камень, хворост, фашина, мешки с песком, ремонтируются ГТС, окрашиваются, смазываются и опробуются подвижные элементы водоподпорных и водорегулирующих сооружений, ремонтируется бетонная облицовка каналов, исправляются места размывов и оползней каналов и т.п.

В вегетационный период производится очистка каналов от наносов и растительности, ремонт крепления каналов дёрном и подсевом трав, удобрение и подсев трав, устраняются оползни, перекаты и завалы, удаляются посторонние предметы.

При ТУ-3 в осенне-зимний период с целью консервации и предзимней подготовки выполняются окраска арматуры, нанесение защитных покрытий, удаление водной растительности из каналов, вырубка кус-

тарника, ремонт гидрометрических пунктов береговой обстановки и оборудования подпорных сооружений.

Одним из основных видов работ на каналах является их очистка от наносов, что выполняется каналочистительными машинами, и растительности, что выполняется каналоокашивающими машинами. Однако ряд каналочистительных машин снабжен рабочими органами, предназначенными и для удаления травянистой или древесно-кустарниковой растительности.

Очистка каналов производится гидравлическим, гидромеханическим, химическим, огневым, биологическим, газодинамическим, механическим и механическо-пневматическим способами.

Гидравлическая очистка (промывка) применяется, как правило, для удаления наносов в облицованных каналах путём организации течения воды с повышенными размывающими скоростями.

Гидромеханический способ заключается в применении земснарядов или землесосов для удаления илистых или песчаных отложений.

Химический способ служит для уничтожения растительности путём обработки канала веществами, уничтожающими или подавляющими растительность (гербицидами, дефолиантами, арборицидами). Способ является экологически опасным.

Огневой – осуществляется путём сжигания растительности рабочим органом, состоящим из ряда бензиновых или газовых горелок. Способ пожароопасен, особенно на торфяниках.

Биологический способ предназначен для борьбы с сорной растительностью в периметре канала и заключается в её подавлении путём засеивания откосов каналов кормовыми травами (люцерна, житняк), затенении приканальными древесными насаждениями и уничтожении растительности зарыблением каналов и водоёмов белым амуром, карпом, толстолобиком. Белый амур поедает подводную и надводную часть тростника, рогоза, рдеста, роголистника, урути, съедая за сутки травы иногда больше собственной массы. Толстолобик, питаясь фитопланктоном, препятствует цветению воды и зарастанию водоёмов.

При *газодинамическом способе* загрязнения из сухого облицованного канала выдуваются высокоскоростными газовыми струями.

Механический способ состоит в применении для содержания, ремонта и реконструкции каналов и других мелиоративных объектов общестроительных и специализированных эксплуатационных машин с механическим рабочим оборудованием.

Механическо-пневматический способ заключается в применении машин с механическим отделением удаляемой среды и пневматическом её транспортировании за пределы канала.

Электроискровой способ предназначен для угнетения травяной растительности путем пропускания через нее электрического тока.

Для удаления растительности из каналов зачастую применяются специализированные машины – косилки, подборщики, опрыскиватели, травосжигатели и т.п.

Способ очистки канала, технология его обслуживания и ремонта, вид назначаемых машин зависят, помимо прочего, от крепления канала, его назначения и размеров. В зоне орошения обычно строятся каналы следующих размеров (табл.2.1).

Т а б л и ц а 2.1. **Размеры каналов зоны осушения**

Вид каналов	Глубина, м		Ширина по дну, м	Коэффициент заложения откосов
	минимальная	максимальная		
Осушители	1,0	1,7	0,2	0,5...1,5
Коллекторные	1,3	2,5	0,4	1...2
Магистральные	1,7	3,5	0,6 и более	1...2,5

В зоне орошения предусмотрено [16] строительство мелиоративных каналов пяти типоразмеров. Их основные данные и максимально допустимая толщина наносов приведены в табл. 2.2 [16].

Т а б л и ц а 2.2. **Размеры каналов стандартных типоразмеров и допустимая толщина наносов**

Типоразмер канала	Глубина канала, м	Ширина по дну, м	Заложение откосов	Допустимая толщина наносов, м
Первый	0,5...1,0	0,4...0,8	1:1	0,28
Второй	1,0...2,0	0,6...2,0	1:1,5	0,5...0,6
Третий	1,5...3,0	1,2...3,0	1:1,5	0,8
Четвёртый	2,0...4,0	3,0...5,0	1:1,5	0,8...1,2
Пятый	Более 4,0	Более 5,0	1:1,5	0,85

Для скашивания, уничтожения и удаления растительности из каналов обычно используются специальные машины или многоцелевые каналоочистители со специализированными рабочими органами.

2.2. Классификация каналоочистителей и основные требования к ним

По назначению каналоочистители делятся на машины для удаления наносов, восстановления поперечного сечения каналов, многоцелевые.

По характеру выполнения рабочего процесса каналоочистители подразделяются на машины циклического и непрерывного действия.

Каналоочистители циклического действия обычно имеют одноковшовый рабочий орган с различными типами стрел и ковшей. *Стрелы бывают навешенными* спереди, сбоку, сзади, на поворотной платформе, на дополнительном ходовом устройстве.

Каналоочистители непрерывного действия *по виду рабочего органа* делятся на многоковшовые цепные, многоковшовые роторные, скребковые цепные, шнековые, фрезерные, отвально-фрезерные, водоструйные, комбинированные, со сменными рабочими органами и др.

По режиму передвижения в процессе работы машины делятся на машины позиционного действия и осуществляющие рабочий процесс в движении.

По зоне рабочего передвижения различают береговые, внутриканальные (внутрирусловые) и надканальные, или седлающие, каналоочистители, движущиеся по откосу, берме и откосу, откосу и дну, двум откосам, со сменными зонами.

По типу ходового устройства каналоочистители классифицируют как гусеничные, колёсные, гусенично-колёсные, с дополнительным опорным устройством, шагающие, плавающие, с наклоняющимися гусеницами.

По способу агрегатирования каналоочистители делятся на навесные, полунавесные, прицепные, полуприцепные.

По направлению рабочего передвижения режущих или копающих элементов различают каналоочистители продольного, поперечного и изменяемого направления копания или черпания.

По расположению оси вращения основного рабочего органа каналоочистители непрерывного действия делят на каналоочистители с вертикальной, горизонтальной, наклонной, регулируемой осями вращения и др.

В последнее время все большее распространение находят *многоцелевые каналоочистители*.

Основными требованиями к каналоочистителям являются следующие: достаточная проходимость, мобильность, устойчивость, воз-

возможность очистки каналов разных размеров, способность очищать канал без доделочных работ, возможность очищать дно и откосы одновременно, а при необходимости только дно или только откос, соблюдение требуемых параметров канала, способность удалять наносы от бровки канала, возможность очистки каналов в торфяных и минеральных грунтах, каналов сухих и с водой, в том числе с наличием растительных остатков и каменистых включений, высокая надёжность, низкая себестоимость работ.

По назначению каналоочистители делятся на машины для удаления наносов, восстановления поперечного сечения каналов, многоцелевые.

По характеру выполнения рабочего процесса каналоочистители подразделяются на машины циклического и непрерывного действия.

Каналоочистители циклического действия обычно имеют однокосовый рабочий орган с различными типами стрел и ковшей. *Стрелы бывают навешенными* спереди, сбоку, сзади, на поворотной платформе, на дополнительном ходовом устройстве.

Каналоочистители непрерывного действия *по виду рабочего органа* делятся на многоковшовые цепные, многоковшовые роторные, скребковые цепные, шнековые, фрезерные, отвально-фрезерные, водоструйные, комбинированные, со сменными рабочими органами и др.

По зоне рабочего передвижения различают береговые, внутриканальные (внутрирусловые) и надканальные, или седлающие, каналоочистители, движущиеся по откосу, берме и откосу, откосу и дну, двум откосам, со сменными зонами.

По типу ходового устройства каналоочистители классифицируют как гусеничные, колёсные, гусенично-колёсные, с дополнительным опорным устройством, шагающие, плавучие, с наклоняющимися гусеницами.

По способу агрегатирования каналоочистители делятся на навесные, полунавесные, прицепные, полуприцепные.

По направлению рабочего передвижения режущих или копающих элементов различают каналоочистители продольного, поперечного и изменяемого направления копания или черпания.

По расположению оси вращения основного рабочего органа каналоочистители непрерывного действия делят на каналоочистители с вертикальной, горизонтальной, наклонной, регулируемой осями вращения и др.

В последнее время все большее распространение находят *многоцелевые каналоочистители*.

Основными требованиями к каналоочистителям являются следующие: достаточная проходимость, мобильность, возможность очистки каналов разных размеров, способность очищать канал без доделочных работ, возможность очищать дно и откосы одновременно, а при необходимости только дно или только откос, соблюдение требуемых параметров канала, способность удалять наносы от бровки канала, возможность очистки каналов в торфяных и минеральных грунтах, каналов сухих и с водой, в том числе с наличием растительных остатков и каменистых включений, высокая надёжность, низкая себестоимость работ.

2.3. Каналоочистители непрерывного действия

Типичными рабочими органами каналоочистителей непрерывного действия являются многоковшовые цепные, многоковшовые роторные, скребковые цепные, шнековые, фрезерные, землесосные, щеточные, газодинамические комбинированные. При выполнении очистки каналов рабочий орган машин данной группы устанавливается в нужное (рабочее) положение относительно канала и приводится в действие. После этого каналоочиститель начинает перемещаться с рабочей скоростью вдоль канала, обеспечивая тем самым очистку или, при необходимости, профилирование канала. Часто эти машины могут использоваться также для обработки кюветов, водоводных лотков, откосов дамб и дорог.

Многоковшовый цепной рабочий орган поперечного копания схематически представлен на рис. 2.1. Он состоит из рамы рабочего органа 1, ковшей 2, ковшовой цепи 3, планирующего звена 4, лопастного метателя 5, ленточного конвейера 6, привода с ведущими звездочками 8. Приводимая в действие ведущими звездочками ковшковая цепь, охватывающая раму, движется вместе с закрепленными на ней ковшами, которые боковой режущей кромкой срезают грунт, постепенно им заполняются. Для предотвращения вытекания переувлажненного грунта через заднюю кромку сверху ковш закрыт подвижным днищем 10, удерживаемым в исходном положении пружиной 9. Выйдя за пределы канала и поднявшись в зону выгрузки, ковш выступом на днище наталкивается на подпружиненный обрешиненный ролик 7. При этом днище ковша повернется (рис. 2.1,б) и вытолкнет грунт из ковша, после чего днище вернется в исходное положение. Удаляемый из ковшей грунт падает рядом с каналом в виде небольшого кавальера, который впо-

следствии потребуется разравнивать. Для увеличения дальности отбрасывания извлекаемого грунта на рабочем органе может устанавливаться ленточный конвейер, на который будет попадать удаляемый из ковшей грунт, или лопастный метатель. Последний, кроме увеличения дальности отбрасывания, обеспечивает и распределение грунта относительно тонким равномерным слоем, не требующим разравнивания.

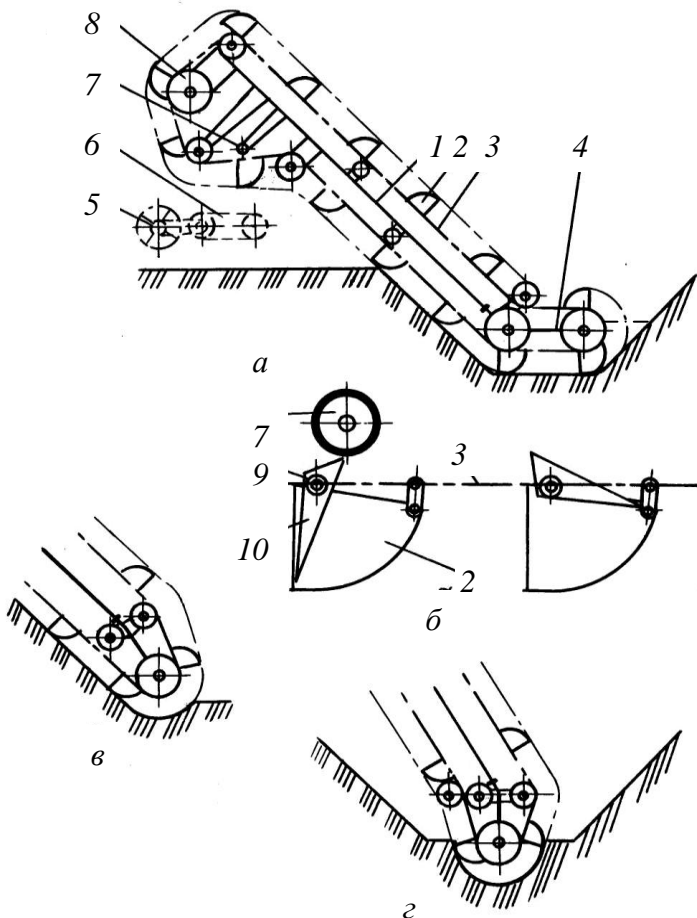


Рис. 2.1. Схема многоковшового цепного рабочего органа поперечного копания: а – рабочего органа в сборе; б – процесса выгрузки грунта; в – схема очистки откоса; г – схема очистки дна.

Существует также схема работы с одновременной установкой ленточного транспортера и приводимого от него цепной передачей метателя (рис. 2.1,а). Для перенастройки рабочего органа на очистку требуемого элемента профиля канала служит планирующее звено. Схема работы при очистке дна и откоса показана на рис. 2.1,а, откоса и частично дна – 2.1,в, дна – 2.1,г.

Общий вид одной из марок (МР-15) каналоочистителя с цепным многоковшовым рабочим органом поперечного копания показан на рис. 2.2 и 2.3.

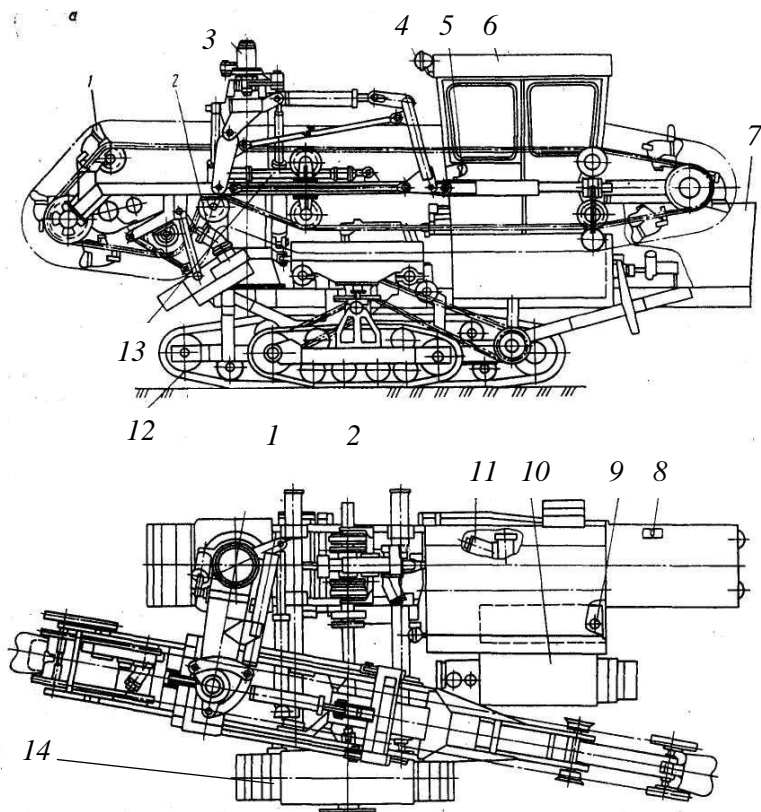


Рис. 2.2. Общий вид каналоочистителя МР-15 в транспортном положении.

Рабочий орган *1* с метателем *2* присоединяется с возможностью поворота вокруг вертикальной оси к пилону *3*. Органы управления расположены в кабине *6*, силовая установка (дизельный двигатель с воздушным охлаждением) – под капотом *7*. Каналоочиститель перемещается на двух гусеницах – основной *12* и дополнительной *14*. Привод хода метателя и рабочего оборудования обеспечивается гидромоторами *8, 9, 10*. Управление рабочим органом производится гидроцилиндрами *11, 12, 13*. Гусеницы между собой соединены двумя телескопическими балками и телескопическим валом, приводящим в движение дополнительную гусеницу, на которой для повышения устойчивости каналоочистителя может устанавливаться противовес.

Благодаря возможности поворота рабочего органа вокруг пилона каналоочиститель легко настраивается на работу по береговой или седлающей схемам, как показано на рис. 2.3. Здесь положение *а* соответствует береговой схеме работы, *б* – седлающей.

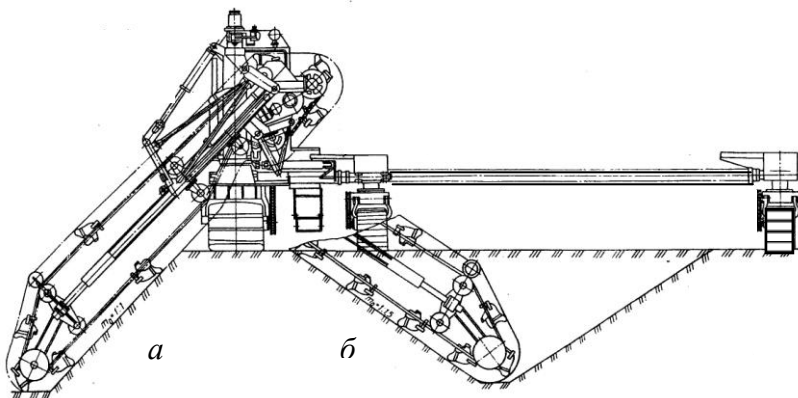


Рис. 2.3. Вид сзади на каналоочиститель МР-15 и схемы его работы:
а – береговая; б – седлающая.

Схема многоковшового цепного каналоочистителя на базе одноковшового гидравлического экскаватора показана на рис. 2.4. Рабочий орган крепится к стреле *3* экскаватора *1*, управляемой гидроцилиндром *2*. Рукоять *5* управляется гидроцилиндром *4*. Для обеспечения задания нужного положения рабочего органа в канале предназначены гидроцилиндры *6* и *13*. Возможность наклона и поворота рабочего органа обеспечивается двухплоскостным шарниром *14*. Охватывающая направляющие ролики *12* ковшовая цепь *11* вместе с ковшами *10* приводится в действие от гидромотора. Ковши во время движения забирают наносы, поднимаются вверх и опрокидываются при огибании ведущей

го вала 7, после чего содержимое ковша попадает в приемный бункер 9 и далее на ленту транспортера 8, который удаляет наносы за пределы канала.

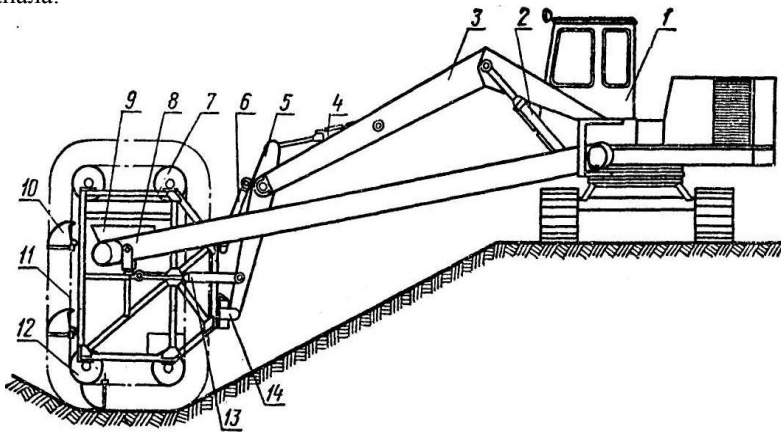


Рис. 2.4. Многоковшовый рабочий орган к экскаватору с гидравлическим приводом рабочего оборудования.

Аналогичный рабочий орган (рис. 2.5) может быть выполнен в виде *многоковшового поворотного ротора*, который устанавливается в плоскости симметрии канала при необходимости очистки дна канала малой ширины или может поворачиваться для увеличения ширины захвата рабочего органа.

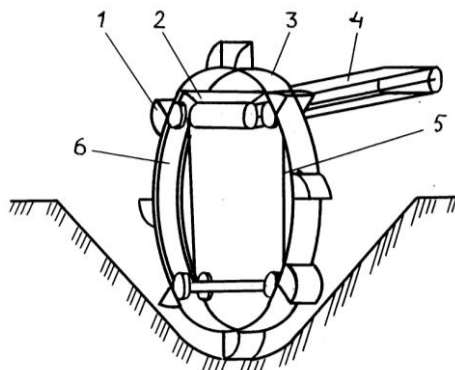


Рис. 2.5. Схема рабочего органа с многоковшовым поворотным ротором.

Ротор 3 базируется на раме 5. Ковши 1 забирают грунт и поднимают его к бункеру 2. Для преждевременного опорожнения ковшей служит стальной лист 6. После достижения ковшем верхнего края стального листа, грунт из ковша выгружается в бункер, из которого попадает на отвальный ленточный транспортер 4.

По такой же схеме может работать *многоковшовый цепной рабочий орган с треугольной рамой* (рис. 2.6). На схеме показано положение рабочего органа, расположенного в плоскости симметрии канала и очищающего его дно. Ведущая звездочка 5, установленная на раме 3, приводит в действие цепь 4 с закрепленными на ней ковшами 6. Ковши забирают наносы и выгружают их в бункер 1 ленточного транспортера 2.

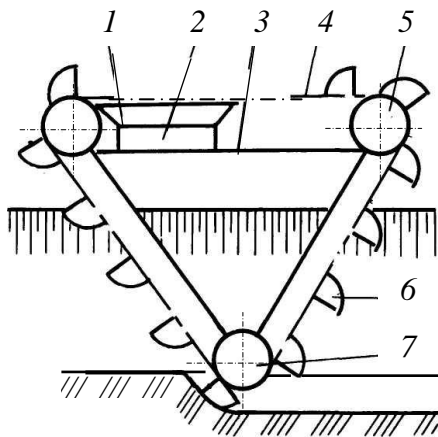


Рис. 2.6. Схема многоковшового цепного рабочего органа с треугольной рамой.

Многоковшовые рабочие органы обеспечивают хорошее качество работ, достаточно легко перенастраиваются, могут очищать облицованные и необлицованные каналы, удаляют наносы с растительностью, мелкими камнями и древесными остатками. Способны очищать сухие каналы и каналы с водой. Благодаря принудительной очистке ковшей могут работать в вязких и влажных грунтах. К недостаткам таких рабочих органов следует отнести их большую массу, многопроходность, относительно низкую производительность, конструктивную сложность.

*Скребок*вые рабочие органы являются, как правило, органами поперечного копания, очищающими откос (рис. 2.7, а), дно и откос (рис.

2.7, б), а также могут быть полнопрофильными (рис. 2.7, в), в том числе предназначенными для очистки кюветов.

Рабочим органом является одно- или двухрядная цепь 1, охватывающая ведущую 2 и направляющую 3 звездочки, установленные на раме 4. Режуще-транспортными элементами служат прямоугольные скребки 5, основными режущими кромками которых являются боковые.

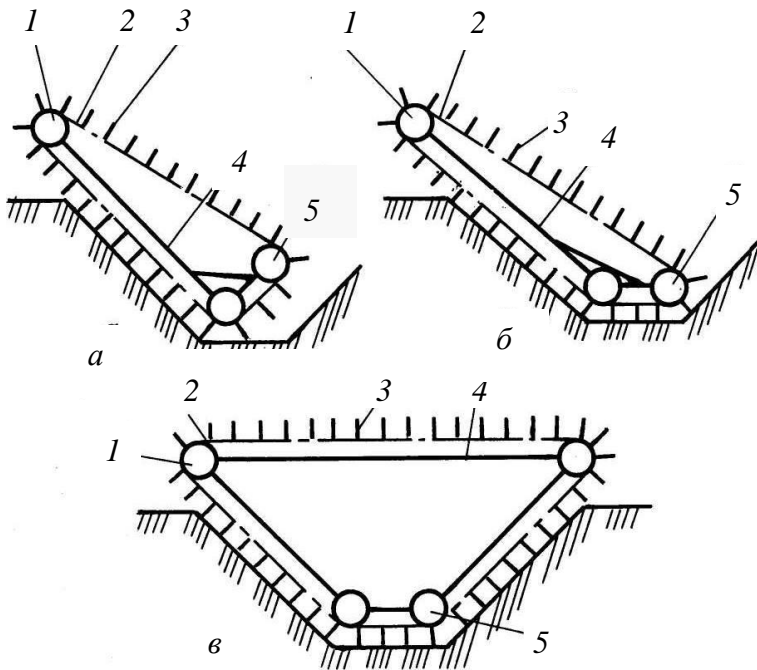


Рис. 2.7. Схема скребковых рабочих органов: а – очищающего откос; б – очищающего дно и откос; в – полнопрофильного.

Один из вариантов компоновки каналоочистителя со скребковым рабочим органом показан на рис. 2.8. Для повышения поперечной устойчивости каналоочиститель может быть снабжен боковым противовесом.

Рабочее оборудование каналоочистителя состоит из рамы 1, гидроцилиндров 2, 10 и 21, скребков 3, ведущей звездочки 4, вала 5, растяжек 6 и 9, натяжного ролика 7, рамы рабочего органа 8, редукторов 11, 13, 15 и 19, валов 12, 18 и 20.

Поскольку наносы, выносимые скребками из канала, размещаются рядом с его бровкой, необходимо выполнять их разравнивание с перемещением от канала. С этой целью каналочистители могут быть оборудованы пассивным отвальным кавальероразравнивателем 16, управляемым гидроцилиндрами 14.

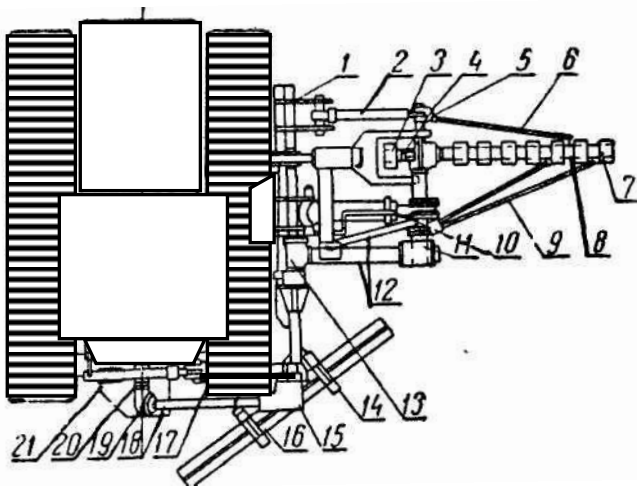


Рис. 2.8. Каналоочиститель со скребковым рабочим органом.

Достоинствами скребковых рабочих органов являются малая масса, простота конструкции, достаточно высокая скорость цепи. Их недостатки заключаются в следующем. Невозможно или крайне непроизводительно применение в грунтах с каменистыми или древесными включениями, в каналах с плотным дерновым покровом, в каналах, заросших травой или кустарником, с высоким уровнем воды. Из-за повышенного изнашивания нежелательно очищать сухие каналы и удалять плотные наносы. Нельзя очищать только дно канала. Необходимо производить удаление вынутого грунта от бровки канала. В связи с этим применение скребковых рабочих органов достаточно ограничено.

В Японии для очистки рек и каналов глубиной до 10 м разработан *радиоуправляемый робот*, который, перемещаясь по дну, скребковым транспортером сгребаёт отложения и в виде пульпы переправляет их по трубопроводу на поверхность. Источником энергии служит дизель-электрическая станция, устанавливаемая на берегу. Робот оснащен устройством автоматической остановки перед препятствием. Местоположение робота под водой указывается установленным на нем прожектором. Рабочий процесс снимается видеокамерой и транслируется на

монитор. Скорость движения составляет около 0,1 м/с, производительность – 14 м³/ч.

Шнековые рабочие органы отделяют грунт и перемещают его в осевом направлении вращающимся шнеком, который обычно частично охвачен кожухом. На рис. 2.9 показана схема шнекового рабочего органа с осью вращения, параллельной откосу, и предназначенного для очистки и профилирования его.

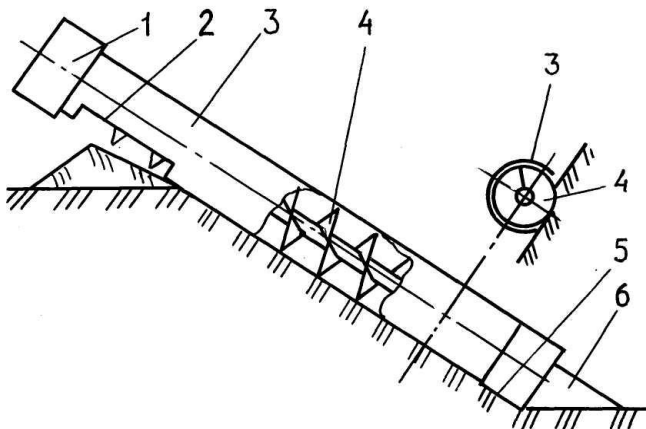


Рис. 2.9. Схема шнекового рабочего органа с осью вращения, параллельной откосу.

Вращаемый приводом 1 шнек 4 срезает с откоса грунт и перемещает его вверх. Перемещаемый грунт находится внутри цилиндрической поверхности, образованной кожухом 3 и грунтом забоя. Выгрузка производится в кавальер 7 на берму через выгрузное окно 2 в кожухе. Верхняя часть рабочего органа связана с базовой машиной и опирается на нее, а нижняя – на лыжу 5. Для обеспечения подчистки дна к нижней части кожуха крепится пассивный отвал 6, направляющий донные отложения к шнеку. Размещение извлеченных из канала наносов на его берме требует последующего их перемещения и планировки, поэтому шнеки зачастую оснащены метателями или иногда работают в комбинации с фрезами.

На рис. 2.10 показаны: *a* – шнековый цилиндрический рабочий орган с осью вращения, параллельной откосу, и предназначенный для его очистки с соосным метателем; *б* – то же, но с метателем, имеющим ось вращения, перпендикулярную оси шнека.

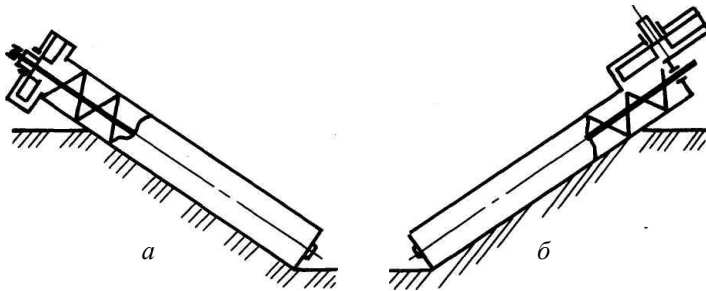


Рис.2.10. Шнековые цилиндрические рабочие органы с осью вращения, параллельной откосу: а – с соосным метателем; б – то же, но с метателем, имеющим ось вращения, перпендикулярную оси шнека.

Для очистки дна каналов используются рабочие органы, показанные на рис. 2.11. Здесь на рис. 2.11,а показан шнековый цилиндрический с горизонтальной осью вращения, предназначенный для очистки дна канала и совмещенный с фрезой, на рис. 2.11,б – то же, но с лопастным метателем.

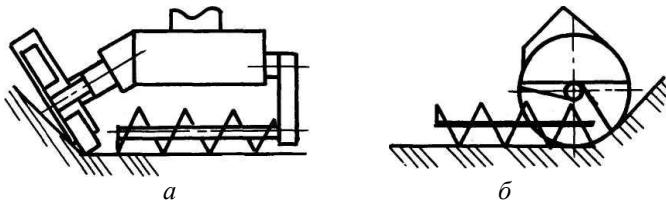


Рис.2.11. Шнековые цилиндрические рабочие органы с осью вращения, параллельной дну канала: а – совмещенный с фрезой; б – с лопастным метателем.

В зависимости от ширины очищаемого канала по дну положение двух последних рабочих органов может изменяться по отношению к оси канала. Метатели и фреза этих рабочих органов обеспечивают большую дальность отбрасывания (до 20 м) грунта и равномерное его распределение вдоль канала.

Вид каналоочистителя с цилиндрическим шнековым рабочим органом, очищающим откос, показан на рис. 2.12.

У данного каналоочистителя шнек дополнен метателем. Привод шнека и метателя обеспечивается от вала отбора мощности посредством вала с шарниром. Подъем и опускание производятся гидроцилиндрами с помощью рычажной системы. Для восприятия встречных нагрузок предназначен канат. Посредством этого же каната и гидромеха-

нической лебедки рабочий орган устанавливается в транспортное положение вдоль трактора. Рабочий орган в этом случае горизонтален и параллелен продольной плоскости симметрии трактора и опирается на кронштейн стойки.

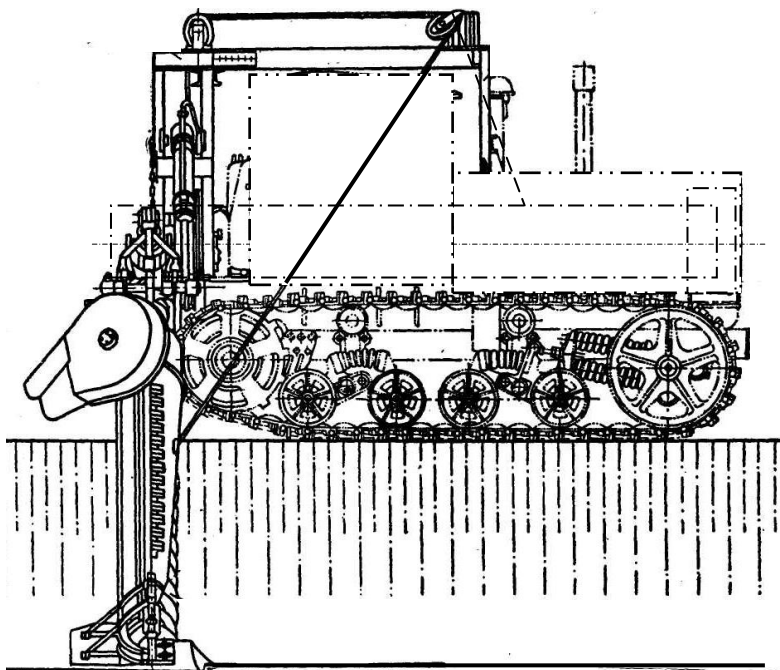


Рис. 2.12. Общий вид каналоочистителя с цилиндрическим шнековым рабочим органом.

Для очистки дна каналов могут применяться машины со шнековым рабочим органом, установленным на понтонах, малогабаритном земснаряде или смонтированным на гусеничном или колесном шасси, перемещающемся по берме канала.

Плавающий каналоочиститель (рис. 2.13) базируется на понтонах 1, на которых установлены крутонаклонный шнек 3 с осью вращения, лежащей в плоскости симметрии канала, приводимый от силовой установки 4. Нижняя часть шнека 5 может быть конической формы. Шнек забирает со дна грунт, перемешивает его с водой и посредством соосного метателя выбрасывает получающуюся пульпу за пределы канала.

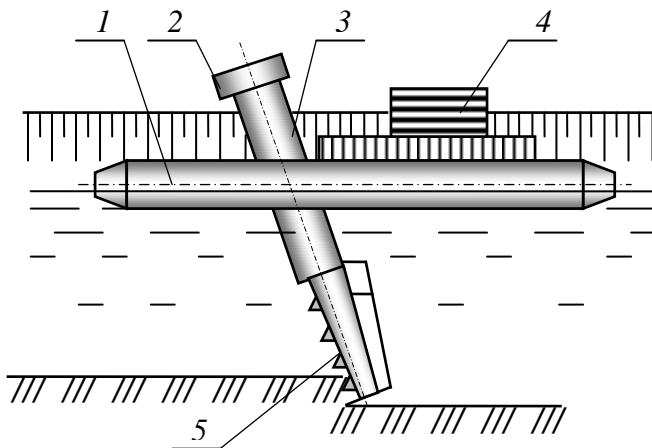


Рис. 2.13. Схема плавучего каналоочистителя с наклонным шнековым рабочим органом.

Очистка и восстановление профиля небольших каналов в торфяниках может производиться рабочим органом, состоящим из конического шнека 1 (рис. 2.14) с вертикальной осью вращения, охваченного с тыльной стороны кожухом 2, и ротора метателя 3, закрытого кожухом 4, имеющим два окна для выброса за пределы канала извлеченного из него вращающимся шнеком грунта. В качестве опоры в рабочем положении используются лыжи 5.

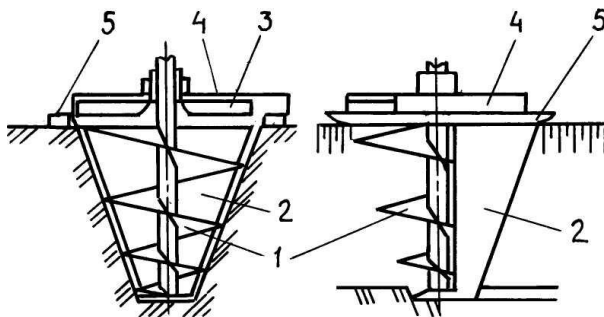


Рис. 2.14. Конический шнековый рабочий орган с вертикальной осью вращения.

Фрезерные рабочие органы отличаются высокими скоростями резания (20 м/с и более) и имеют различное расположение оси вращения фрезы. Схема работы каналоочистителя с фрезерным рабочим органом

с осью вращения, параллельной оси канала, показана на рис. 2.15.

Рабочий орган 7 обычно навешивается сбоку на колесный или гусеничный трактор 1 посредством рамы 3 и рукояти 5. Фреза приводится в действие от вала отбора мощности или от гидромотора 8. Подъем и опускание рамы и рукояти производятся гидроцилиндрами 2 и 4. Угол и дальность выброса наносов изменяются тягой 6.

Очистка канала производится при движении машины вперед, вместе с тем существуют каналочистители, выполняющие процесс очистки при движении назад.

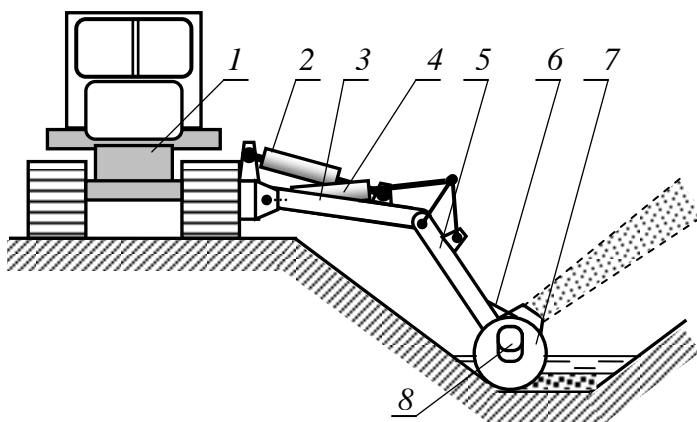


Рис. 2.15. Схема работы каналочистителя с фрезерным рабочим органом.

Фрезерный рабочий орган, с осью вращения параллельной оси канала, предназначен для очистки дна канала за один или несколько проходов. Основными составными частями рабочего органа (рис. 2.16, а) являются кожух 1, иногда называемой улиткой, и фреза, состоящей из диска 2 с закрепленными на нем ножами-лопатками 3. Лопатки имеют режущую кромку 6 и отогнуты вперед так, что отделенные и перемещаемые с водой при наличии в канале оказываются в полости, образованной ножом-лопаткой и кожухом. Это позволяет фрезе перемещать наносы к выбросному окну 5 и выбрасывать их за пределы канала. Дальность выброса может достигать 30 м, хотя, как правило, она составляет 12...15 м. Выброшенные наносы распределяются вдоль канала достаточно тонким слоем, что не вызывает необходимости их разравнивания.

В процессе очистки рабочий орган в зависимости от варианта исполнения может опираться кожухом о дно канала (рис. 2.16,б) или поддерживаться в нужном положении стрелой рабочего оборудования (рис. 2.16,в). Для срезания растительности на диске могут устанавли-

ваться дополнительные ножи 4. В этом случае кожух имеет противорежущую кромку 7. При опоре кожуха о дно канала подрезание наносов производится режущей кромкой 6. Регулирование угла выброса пульпы производится путем поворота кожуха, наклоном рабочего органа или предусмотренной для этого заслонкой. Для увеличения компактности струи пульпы и снижения энергоемкости процесса ножи-лопатки к диску крепятся с отклонением назад от радиального положения.

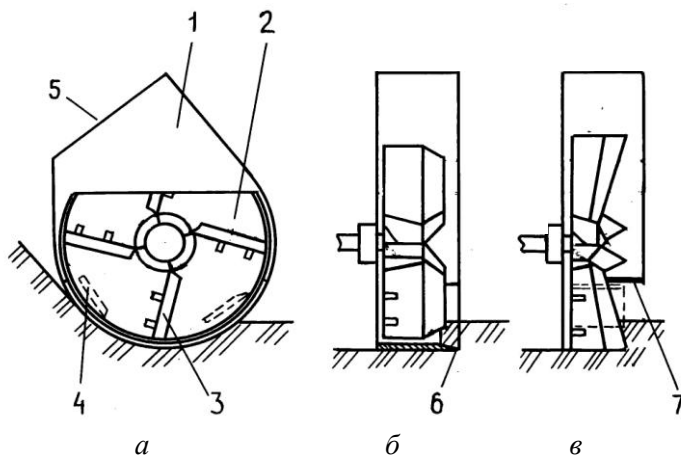


Рис. 2.16. Схемы фрезерных рабочих органов с осью вращения параллельной оси канала: а – вид спереди; б – вид сбоку фрезы с кожухом, опирающимся о дно; в – вид сбоку фрезы с кожухом, не опирающимся о дно.

Большая дальность отбрасывания наносов может привести к повреждению культурных растений, которые, как правило, находятся рядом с очищаемым каналом или кюветом. В этом случае фреза должна быть настроена так, чтобы направление и дальность выброса обеспечивали сохранность растений, как это показано на рис. 2.17.

В связи с работой в абразивной среде режущие кромки ножей довольно быстро изнашиваются. Существует *фреза с дисковыми ножами* (рис. 2.18), у которой ножи-лопатки изготовлены в виде дисковых наклоненных под углом к диску 7 фрезы ножей 3, имеющих по всему своему периметру режущую кромку. Ножи посредством кронштейнов 2 и лопаток 4 крепятся к диску 7 со ступицей 1, находящимися в кожухе. При затуплении работающей части режущей кромки ослабляют центральные болты 8, поворачивают дисковые ножи и фиксируют их так, чтобы в работу вступила незатупленная часть режущей кромки. По

периферии диска установлены плоские ножи 5, которые при затуплении режущих кромок также можно перемещать в радиальном направлении после ослабления болтов 6.



Рис. 2.17. Процесс очистки канала при наличии вблизи расположенных посевов.

Усовершенствованным вариантом фрезы с осью вращения, параллельной оси канала, является фреза (рис. 2.19), выпускаемая под названием «*ротор-метатель*» и имеющая два варианта – РММ-600 и РМ-800 с фрезами диаметром 600 и 800 мм соответственно.

Плоский фронтально расположенный жестко прикрепленный к ступице 5 нож 6 отделяет наносы и благодаря тому, что плоскость ножа расположена под углом к диску 3 фрезы, наносы отбрасываются назад, захватываются лопастями 7 и выбрасываются из канала. Направление и тем самым дальность выброса регулируется козырьком 1. Подрезание наносов по периферии и срезание растительности производится ножами 4. В процессе работы фреза нижней частью кожуха 2 опирается о дно канала.

Существуют аналогичные рабочие органы, у которых для облегчения конструкции и снижения сопротивления кожух выполнен без задней стенки, а в диске вырезаны 4 отверстия. При наличии воды в канале она проходит сквозь отверстия в диске и не выбрасывается вместе с грунтом из канала, что снижает требуемую мощность на привод фрезы.

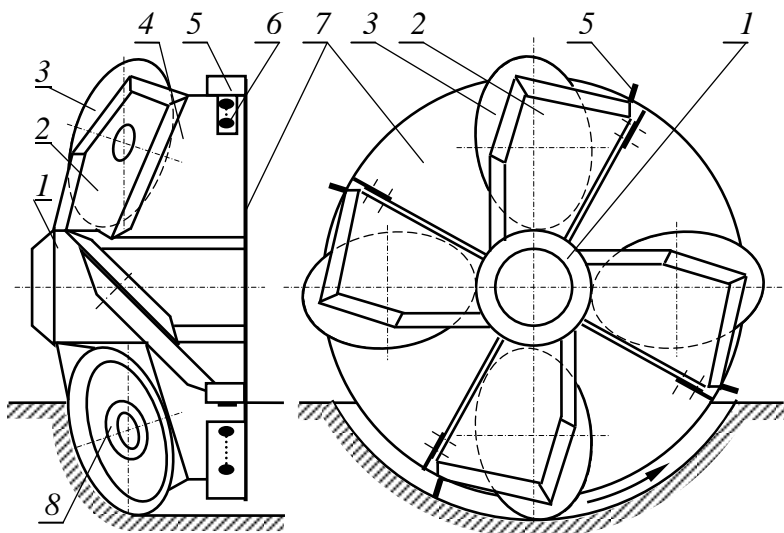


Рис. 2.18. Схема фрезерного рабочего органа с дисковыми ножами.

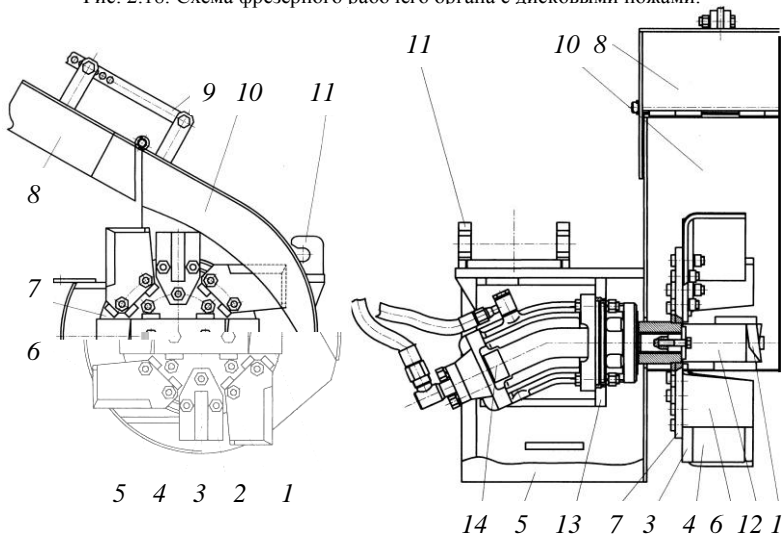


Рис. 2.19. Фрезерный рабочий орган ротор-метатель.

Очистку и профилирование откосов можно производить *фрезерным каналоочистителем с осью вращения фрезы, перпендикулярной плоскости откоса* (рис. 2.20).

Рабочее оборудование навешивается посредством рамы 9 на трактор 4, дополнительно снабженный боковым противовесом 1, баком гидросистемы 2 и насосной установкой 3. Подъем и опускание рабочего органа производятся гидроцилиндром 10, поворот фрезы 6 с целью требуемой ее установки выполняется гидроцилиндром 8. Во вращение фреза приводится гидромотором. Необходимое направление срезанному фрезой грунту обеспечивается кожухом 7, охватывающим фрезу. Частичная подчистка дна канала производится прикрепляемым к кожуху зачистным пассивным устройством 5. Оно подбирает наносы, лежащие на дне, и подает их к фрезе.

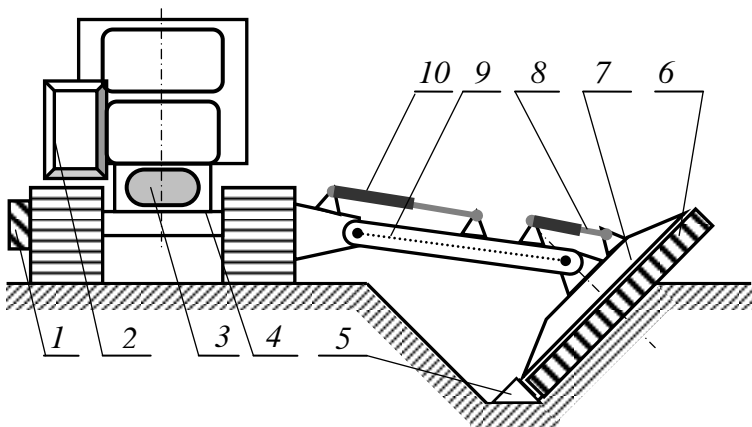


Рис.2.20. Каналоочиститель с фрезой, имеющей ось вращения, перпендикулярную откосу.

Рабочий орган имеет высокую производительность, хорошее качество очистки, не требуются доделочные работы, однако его большая масса и значительный боковой вылет нарушают устойчивость машины.

Для очистки дна и частично откосов используется *фреза, с осью вращения, наклоненной к оси канала и к горизонту* (рис. 2.21). Фреза ножами отделяет грунт, срезает растительность и выбрасывает их за пределы канала. В зависимости от поперечного сечения канала фрезу можно поворачивать вокруг вертикальной оси. Возможна очистка каналов параболического сечения. Имеет недостатки вышеописанного рабочего органа.

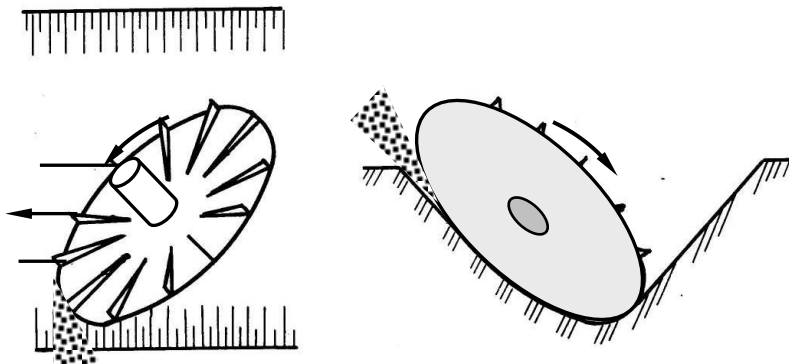


Рис. 2.21. Схема фрезы с осью вращения, наклоненной к оси канала и к горизонту.

Для очистки облицованных каналов с водой применяется каналочиститель со сменным землесосным рабочим органом с гидравлическим рыхлением наносов. Схема работы такого каналочистителя показана на рис. 2.22.

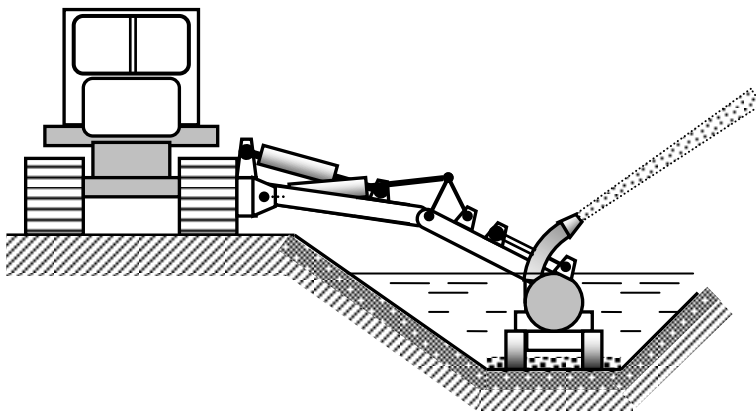


Рис. 2.22. Схема каналочистителя со сменным землесосным рабочим органом с гидравлическим рыхлением наносов.

Схема землесосного рабочего органа с гидравлическим рыхлением наносов показана на рис. 2.23.

Рабочий орган с помощью механизма боковой навески опускается на дно канала и опирается на колеса 15. При этом подвижный копир 5 ложится на слой наносов 6, задавая оптимальное положение связанным

с копиром соплами 4 и экрану 7. Копир с основанием рабочего органа связан осью 9. В исходном и транспортном положении положение копира задается тягой 8. Гидромотор 3 с помощью редуктора 13 приводит в действие насосы 1 и 11. Насос 11 забирает воду через фильтр 10 и подает ее к соплам 4, размывающим наносы и подающим их под основание 14 рабочего органа. Из-под основания наносы вместе с водой по колену 16 забираются насосом 1 и затем выбрасываются в виде струи пульпы через ствол 2. Масло к гидромоторам подается по шлангам 12.

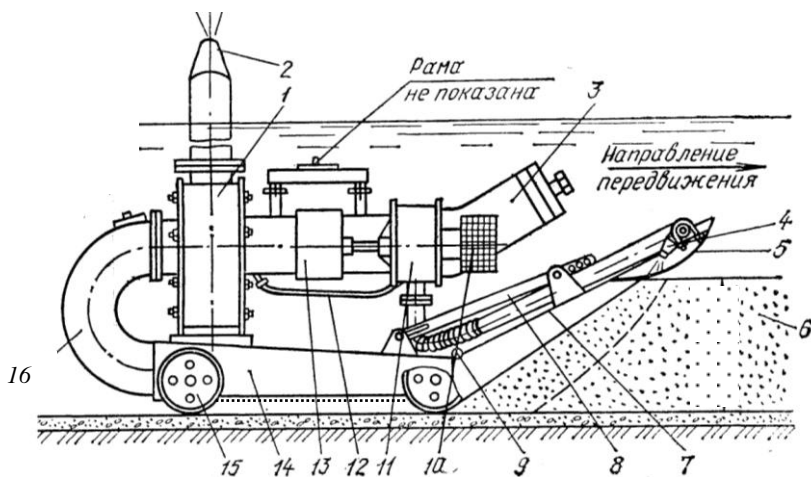


Рис. 2.23. Землесосный рабочий орган с гидравлическим рыхлением наносов.

Очистку заросших каналов можно осуществлять *рабочим органом с гидромеханическим рыхлением наносов* (рис. 2.24).

Гидромотор 5, установленный на редукторе 2, приводит во вращение насосы 2 и 16 и посредством цепной передачи 3 – фрезу, состоящую из пустотелого вала 10 с золотником 11, плоских радиальных ножей 13 и тангенциальных ножей 9 со щелевыми соплами, соединенными с пустотелым валом трубчатыми стойками 7. Рыхление грунта и измельчение растительности производятся тангенциальными и радиальными ножами и противорежущими элементами 11.

Вода от насоса 2 подается к пустотелому валу. При прохождении трубчатыми стойками зоны, не ограниченной золотником, к тангенциальным ножам поступает вода и размывает наносы, которые затем засасываются насосом 16 через щелевой всасывающий наконечник 15. Далее пульпа выбрасывается за пределы канала или направляется к гидроциклону по трубе 18, из которого осветленная вода возвращается

в канал, а сгущенная пульпа сливается за бровку канала. Для улучшения консистенции пульпы фреза охвачена экраном 6, посредством копира 8 опирающимся на наносы. По дну канала рабочее оборудование перемещается с помощью колес 17.

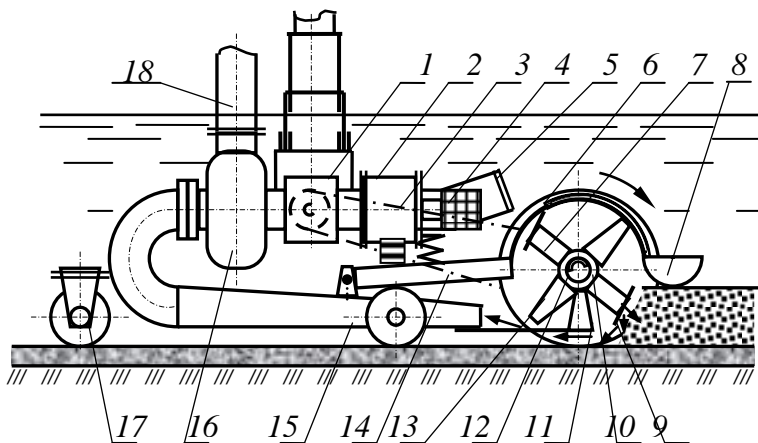


Рис. 2.24. Схема рабочего органа с гидромеханическим рыхлением наносов.

Удаление наносов в облицованных каналах с водой может производиться путем их взмучивания щетками или скребками, а также перемещением вдоль канала заслонками, обеспечивающими местное ускоренное течение воды (рис. 2.25).

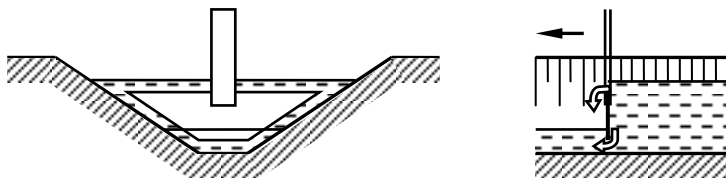


Рис. 2.25. Схема гидравлического рыхления наносов посредством заслонки.

Очистка откосов сухих облицованных каналов или иных аналогичных откосов или горизонтальных поверхностей осуществляется *щеткой-фрезой* (цилиндрической щеткой) с осью вращения, параллельной обрабатываемой поверхности (рис. 2.26). На рис. 2.26,а показано положение щетки на откосе канала, на рис. 2.26,б – схема рабочего органа.

Очистка откосов дорог и сухих облицованных каналов осуществляется *щеткой-фрезой* с осью вращения, перпендикулярной откосу (рис. 2.27) с одним (рис. 2.27,а) или двумя рабочими (рис. 2.27,б) элементами.

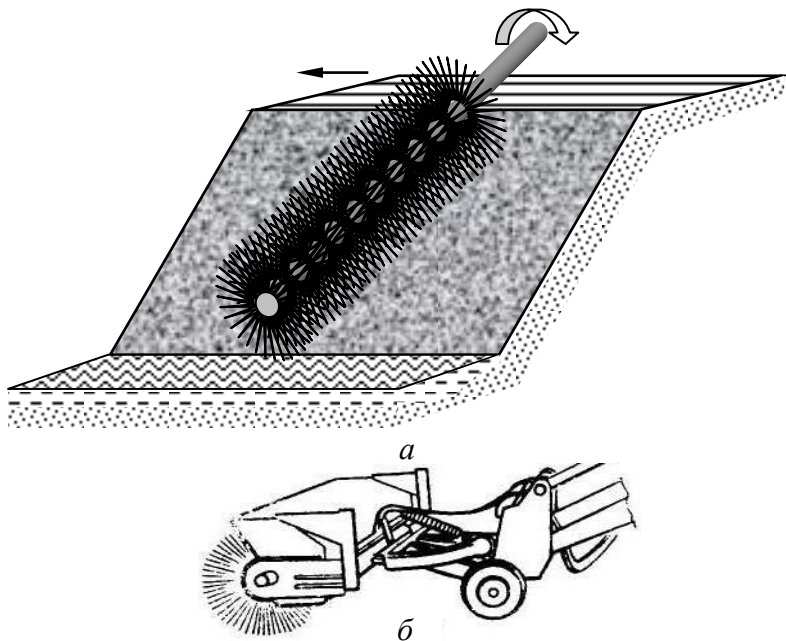


Рис. 2.26. Схема щетки-фрезы с осью вращения, параллельной обрабатываемой поверхности: а – положение щетки на откосе канала; б – схема рабочего органа.

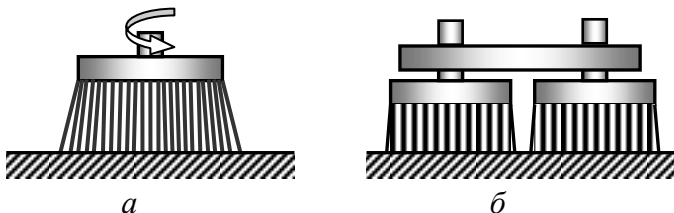


Рис. 2.27. Схема щетки-фрезы с осью вращения, перпендикулярной обрабатываемой поверхности: а – щетка с одним рабочим элементом; б – с двумя элементами.

Вариант исполнения оборудования с подобными элементами приведен на рис. 2.28.



Рис. 2.28. Общий вид щеточного оборудования.

На рис. 2.29 показано рабочее оборудование, состоящее из цилиндрической щетки с осью вращения, параллельной очищаемой поверхности и с осью вращения, перпендикулярной ей.



Рис. 2.29. Общий вид машины с цилиндрической щеткой и щеткой-фрезой.

Для очистки сухих водоводных бетонных лотков и облицованных каналов оросительных систем разработан *газодинамический (газоструйный) очиститель* (рис. 2.30).

Он состоит из базового трактора 1, дополнительно оснащенного топливным баком 2 и навеской 3, на которой установлена топливоподающая аппаратура, рама 4 и отработавшие нормативный срок службы реактивные авиационные двигатели 6, управляемые гидроцилиндрами

5. К двигателю присоединен газопровод 7 с горелкой 8. Газы, поступающие с высокой скоростью от двигателя, по газопроводу рыхлят наносы и выдувают их из канала.

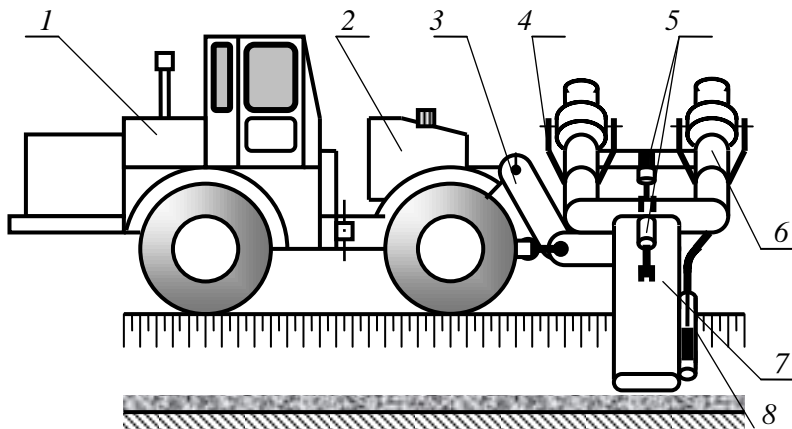


Рис. 2.30. Схема газодинамического (газоструйного) каналаочистителя.

2.4. Каналоочистители с комбинированными рабочими органами

Наиболее часто применяющимися для очистки дна каналов от наносов являются шнекороторные рабочие органы, состоящие из привода (рис. 2.31), кожуха 2, лопастного метателя 3 и конического шнека 1, в рабочем положении имеющего ось вращения, параллельную оси канала. Обычно шнек имеет две короткие диаметрально расположенные винтовые поверхности (лопасти), которые ввинчиваются в грунт, отделяют его и перемещают к метателю, скорость вращения которого в 9...10 раз больше скорости вращения шнека. Лопасти метателя захватывают грунт, перемешанный с водой, и выбрасывают образующуюся при этом пульпу за пределы канала через окно в кожухе.

Привод рабочего органа (рис. 2.32) обеспечивается от гидромотора 1 через редуктор 3, с ведущим валом которого гидромотор сообщен посредством шлицевой муфты 2. Передача вращения на метатель 4 производится зубчатыми колесами по кинематической цепи, указанной штриховыми стрелками. Шнек имеет значительно меньшую частоту вращения, чем метатель. Вращение на шнек от гидромотора передается по цепи, обозначенной штрихпунктирной стрелкой.

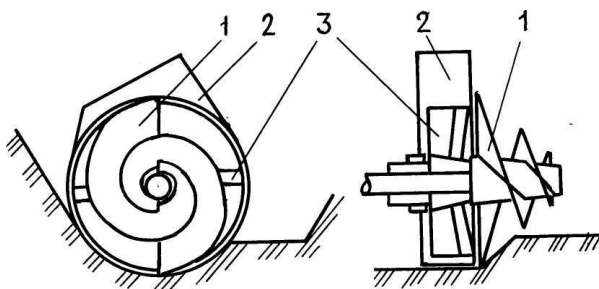


Рис. 2.31. Шнекороторный рабочий орган.

Такой рабочий орган может работать даже при достаточно большой глубине воды в канале, но не превышающей $3/4$ диаметра метателя. Рассматриваемые шнековые рабочие органы нежелательно применять в сухих и заросших каналах. При очистке каналов без воды, которые проложены в минеральных грунтах, особенно быстро изнашиваются элементы шнековых рабочих органов, контактирующие с абразивной средой. Нельзя работать в грунтах, имеющих посторонние включения – камни и древесные остатки.

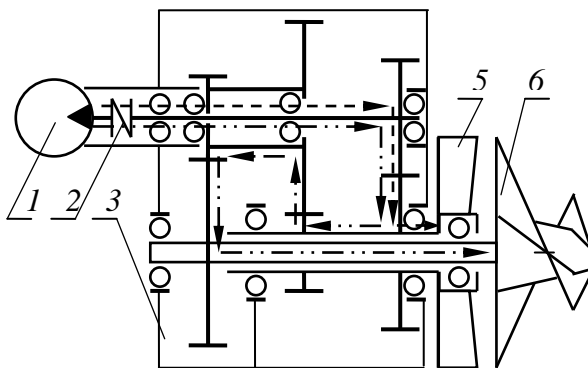


Рис. 2.32. Кинематическая схема привода шнекороторного рабочего органа.

Компоновка каналоочистителя со шнекороторным рабочим органом на примере каналоочистителя МР-16 показана на рис. 2.33.

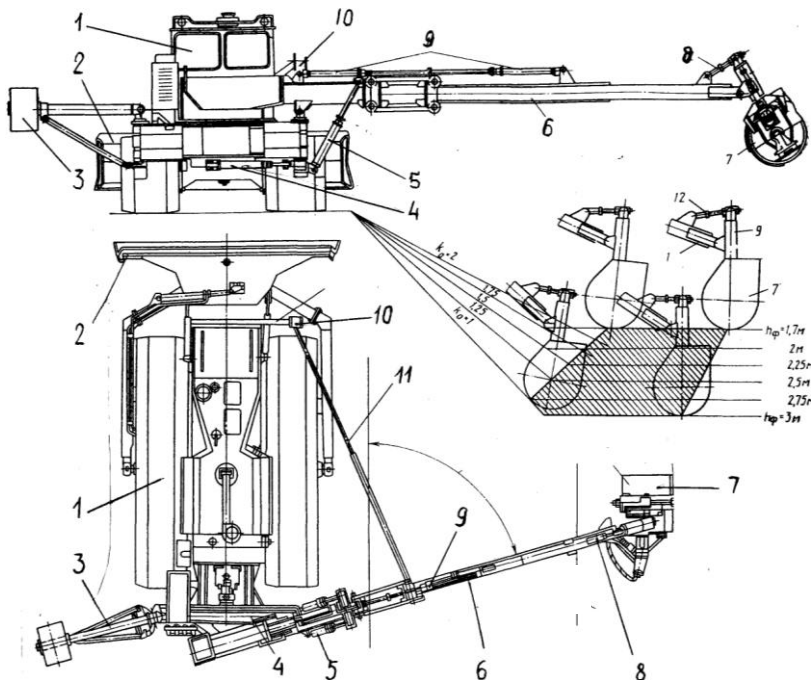


Рис. 2.33. Каналоочиститель МР-16 со шнекороторным рабочим органом.

Базой машины является гусеничный трактор *1* на гусеничном ходу с увеличенной опорной поверхностью. На него навешено оборудование для разравнивания кавальеров *2*, противовес *3* и рабочее каналоочистительное оборудование, состоящее из телескопической стрелы *6*, управляемой гидроцилиндрами подъема *5* и поворота *4*. Длина стрелы изменяется двоянным гидроцилиндром *9*.

Изменением длины винтовой тяги *8* задается нужное положение рабочему органу *7*. Горизонтальные усилия, направленные против хода каналоочистителя и действующие на рабочий орган, воспринимаются телескопической тягой *11*. При транспортном положении стрела рабочего органа ориентируется вдоль трактора и укладывается на опору *10*. Одновременно противовес поворачивается назад, уменьшая габарит каналоочистителя по ширине в транспортном положении.

Шнеко-фрезерный рабочий орган с коническим шнеком, схематически изображенный на рис. 2.34,а, служит для очистки дна и откоса и представляет собой комбинацию из фрезерного рабочего органа *1* с осью вращения, параллельной оси канала, и фрезерного *4* с осью вра-

щения, перпендикулярной откосу. Фреза охвачена кожухом 2 и приводится в действие приводом 3, а шнек приводом 5.

Двухфрезерный рабочий орган (рис. 2.34,б) служит для очистки дна и откоса и представляет собой комбинацию из фрезерного рабочего органа 6 с осью вращения, параллельной оси канала, и фрезерного 2 с осью вращения, перпендикулярной откосу. Фреза 2 приводится во вращение валом 3 и охвачена кожухом 1.

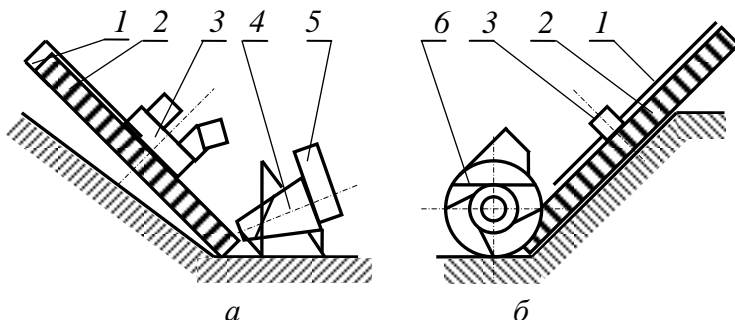


Рис. 2.34. Схема комбинированных рабочих органов: а – шнеко-фрезерного с коническим шнеком; б – двухфрезерного.

Фрезерно-роторный рабочий орган (рис. 2.35) с цилиндрической фрезой, имеющей горизонтальную ось вращения, перпендикулярную оси канала, служит для очистки дна облицованных, в том числе заросших каналов.

Гидромотор 1 посредством редуктора 2 и цепной передачи 3 приводит во вращение фрезу 4 и лопастный метатель 9, ось вращения которого параллельна оси канала. Ножи вращающейся фрезы, установленные на стойках 5, отделяют грунт и растительность и перемещают их к направляющему устройству 8, имеющему в передней части режущие кромки для подрезания грунта и измельчения растительности.

Для повышения транспортирующей способности фрезы на ее валу установлены лопасти 7, сдвигающие отделенный, измельченный и перемешанный с водой грунт к направляющему устройству, с которого грунтовая масса поступает на метатель и через окно в кожухе 10 выбрасывается за пределы канала.

Шнеко-фрезерный рабочий орган с цилиндрическим шнеком показан на рис. 2.36. Он работает следующим образом.

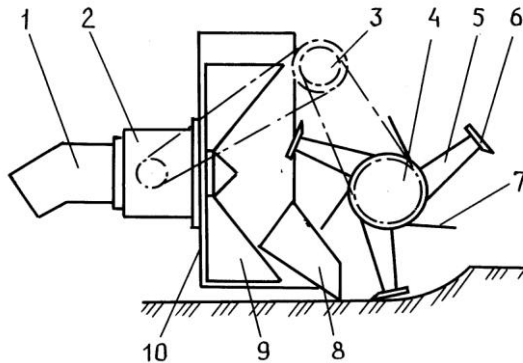


Рис. 2.35. Фрезерно-роторный рабочий орган с цилиндрической фрезой, имеющей горизонтальную ось вращения, перпендикулярную оси канала.

Рабочий орган крепится к рукояти 3 и приводится в действие от редуктора гидропривода 4. Во вращение приводятся охваченный сзади кожухом горизонтальный цилиндрический шнек 5 и снабженная кожухом 1 дисковая фреза 2. Шнек сдвигает наносы на фрезу, которая их захватывает и с большой скоростью выбрасывает за пределы канала.

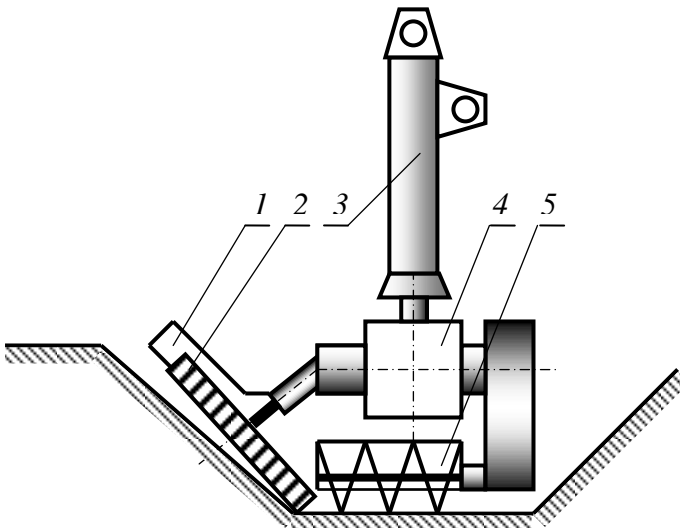


Рис. 2.36. Схема комбинированного шнеко-фрезерного рабочего органа с цилиндрическим шнеком.

К достоинствам фрезерных рабочих органов с осью вращения, параллельной оси канала, относятся: низкие материалоемкость и энергоёмкость, хорошее качество выполняемых работ, срезание растительности, достаточно высокий к.п.д., низкое тяговое сопротивление, отсутствие заметных кавальеров.

Недостатками являются невозможность их использования в сухих минеральных грунтах и грунтах с каменистыми и древесными включениями. Невозможна также работа в канале с глубиной воды, превышающей 0,75 диаметра фрезы. К недостаткам следует отнести и малую ширину захвата.

Последний недостаток устраняется дополнением фрез отвалами и открывками, т.е. использованием активно-пассивных рабочих органов. Схема *рабочего органа с открывками* показана на рис. 2.37. Выдвинутые вперед открывки 1 устанавливаются в соответствии с размерами очищаемого канала. Они в процессе рабочего перемещения каналочистителя отделяют наносы и направляют их к центру канала. Затем наносы подбираются фрезой 2 и выбрасываются за пределы канала.

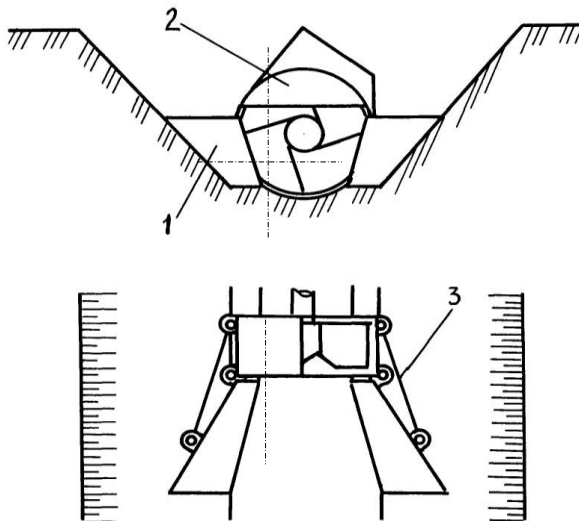


Рис. 2.37. Схема фрезерного рабочего органа с открывками.

Отвально-фрезерные каналочистители (рис. 2.38) используются для полнопрофильной очистки канала.

Большая масса рабочего оборудования предопределяет их применение в качестве внутриканальных, навешиваемых на трактор *1* с узкой колесей. От вала отбора мощности трактора посредством карданного вала вращение передается на цепной редуктор *3*, цепной редуктор *4* и далее на фрезу *6*, которая выбрасывает грунт, подаваемый ей отвалами (откосниками) *2* и лемехом *7*, подчищающим дно. В рабочем положении оборудование опирается на лыжу *5*.

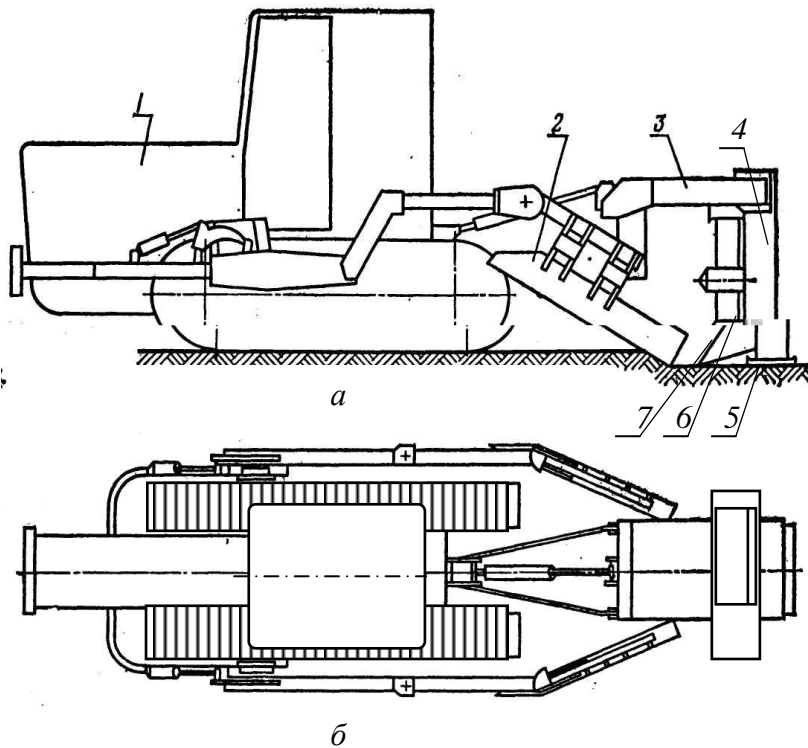


Рис. 2.38. Схема отвально-фрезерного каналаочистителя: а – вид сбоку; б – вид сверху.

По другому варианту исполнения фреза приводится во вращение посредством вала, непосредственно соединяющего фрезу с валом отбора мощности. Цепной редуктор в этом случае отсутствует.

2.5. Особенности конструкций ходовых систем каналоочистителей

В качестве базовых машин для создания каналоочистителей часто используются колесные и гусеничные тракторы, иногда автомобили или ходовые системы с силовой установкой землеройных или мелиоративных машин. Однако это не всегда возможно, так как каналоочистители осуществляют процесс очистки, стоя или перемещаясь в процессе работы по берме, откосу, дну, руслу, обеим бермам, берме и откосу и т.д. Рабочее оборудование у разных конструкций может занимать самое разное положение, причем реакции, действующие на него, как правило, способствуют опрокидыванию или развороту машины. Это особенно опасно, так как каналоочистители обычно работают в непосредственной близости от бровки канала. Данная ситуация выдвигает повышенные требования к устойчивости машины. Кроме того, ходовая часть машины зачастую перемещается по местности с недостаточной несущей способностью, по закреплённому откосу, дну или берме, на которые, во избежание деформирования, нельзя оказывать большие давления, что обуславливает необходимость достаточно низкого опорного давления. В связи с этим существуют разнообразные варианты конструкций ходовых систем каналоочистителей.

Например, каналоочиститель МР-21 (рис. 2.39), имеющий широкий набор сменных органов и работающий по береговой схеме, сконструирован на специальном самоходном гусеничном шасси с увеличенной опорной поверхностью.

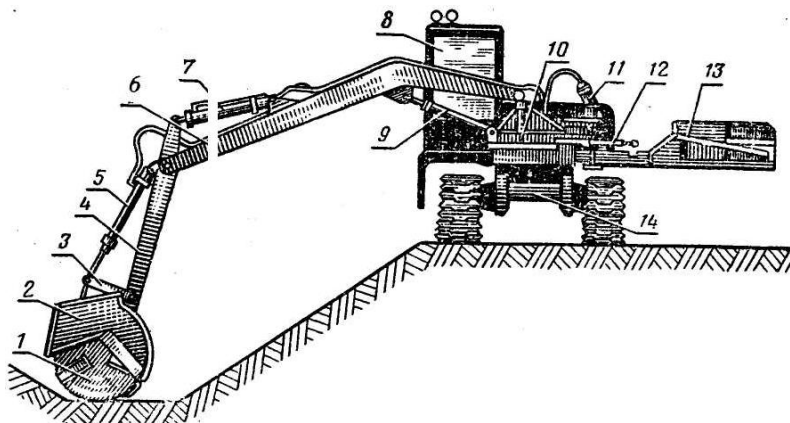


Рис. 2.39. Общий вид многоцелевого каналоочистителя МР-21.

Он состоит из сменного рабочего органа – фрезы 1 с кожухом 2 – рукояти 4 с рычагом 3 и гидроцилиндрами 5, 7, 9, 12, стрелы 6, кабины 8, поворотной платформы 10 с гидромотором ее привода 11, противовеса 13 и ходового устройства 14.

Вариант использования дреноукладчика в качестве базы для каналоочистителя показан на рис. 2.40. На месте установки дреноукладочного оборудования на раме дреноукладчика 1 смонтирована поворотная платформа 3 с приводом от гидромотора 2. На платформу навешено рабочее оборудование, состоящее из стрелы 4, рукояти 6, рабочего органа 8 и гидроцилиндров управления 5, 7, 9.

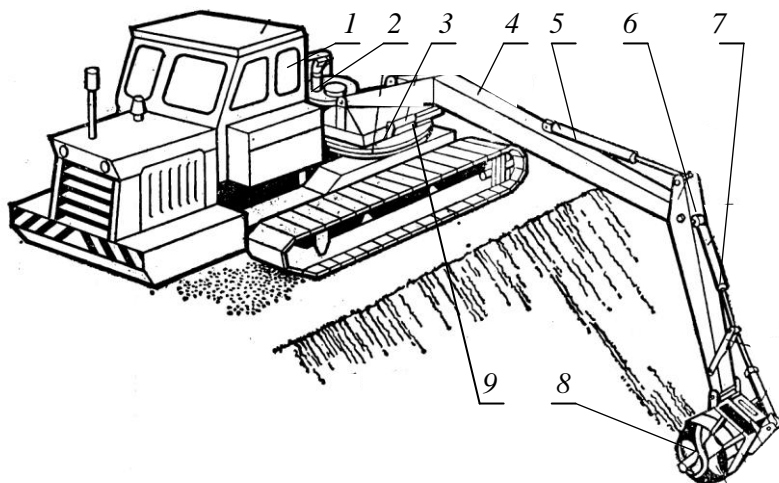


Рис. 2.40. Вариант использования дреноукладчика в качестве базы для каналоочистителя.

подавляющее большинство каналоочистителей создано с использованием в качестве базы колесных или гусеничных сельскохозяйственных, промышленных или мелиоративных тракторов. Например, на рис. 2.41 показан каналоочиститель на базе колесного трактора 1, на который с использованием задней поворотной колонки 2 навешено рабочее оборудование 3 со сменным рабочим органом 5 и механизмом его поворота 4.

Для повышения устойчивости колея колесного трактора обычно при возможности устанавливается на наибольшую величину, в колеса (или заднее колесо), противоположные берме передвижения, может заливаться вода, на их диски могут крепиться грузы, каналоочиститель

может снабжаться боковым противовесом. Иногда используются спаренные колеса. В случае установки на трактор дополнительного бака гидросистемы он обычно смещается в сторону, противоположную вероятному направлению опрокидывания.

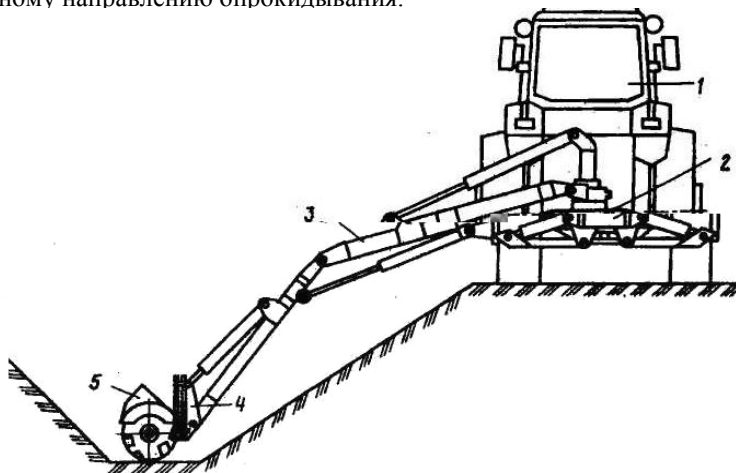


Рис. 2.41. Вариант использования колесного трактора в качестве базы для каналоочистителя.

Одним из достаточно часто используемых мероприятий по повышению устойчивости является установка на стороне трактора ближайшей к бровке канала дополнительной опоры. У машин позиционного действия опора выполняется в виде гидравлически управляемого башмака, у машин, работающих в движении, в качестве опоры зачастую используется опорное колесо. К последним относятся каналоочистители КМ-82, ОКН и др. Схема каналоочистителя с колесной опорой показана на рис. 2.42.

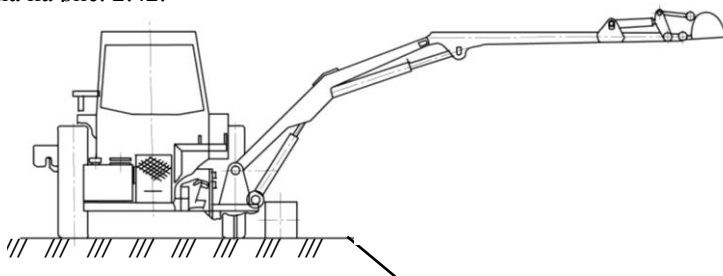


Рис. 2.42. Вариант каналоочистителя с дополнительной боковой колесной опорой.

Ряд зарубежных фирм выпускает на базе колесных тракторов каналоочистительные машины (рис. 2.43), рабочее оборудование 4 которых монтируется на дополнительной, устанавливаемой сзади трактора 1, двухколесной опоре 2 с поворотной колонкой. Нагрузка на колеса опоры может регулироваться посредством гидроцилиндров 3 в зависимости от ситуации. Опора может быть полуприцепной или реже полунавесной.

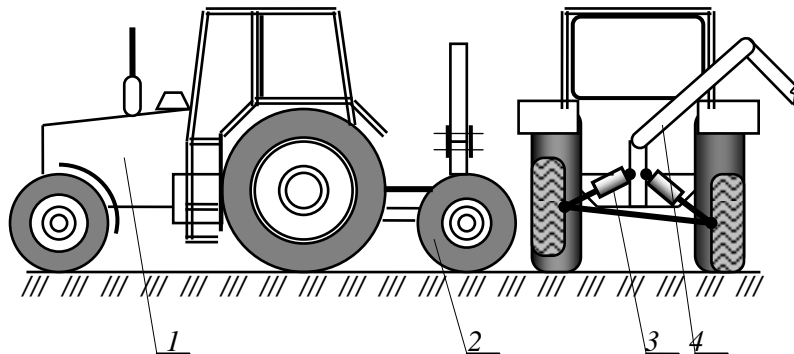


Рис. 2.43. Вариант каналоочистителя с дополнительной задней колесной опорой.

Подобная схема выполняется и с передней опорой (рис. 2.44).

Известна также машина для обслуживания каналов, созданная на базе гусеничного трактора с расположенной спереди полуприцепной колесной или гусеничной опорой.

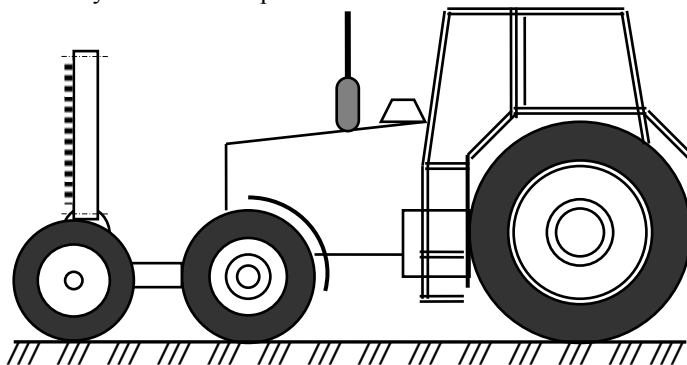


Рис. 2.44. Вариант каналоочистителя с дополнительной передней колесной опорой.

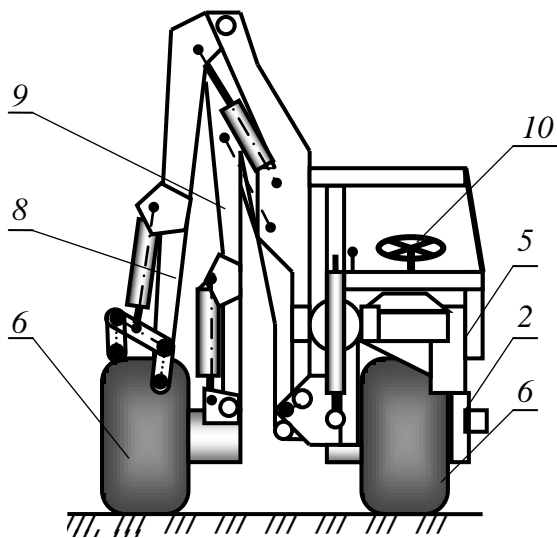
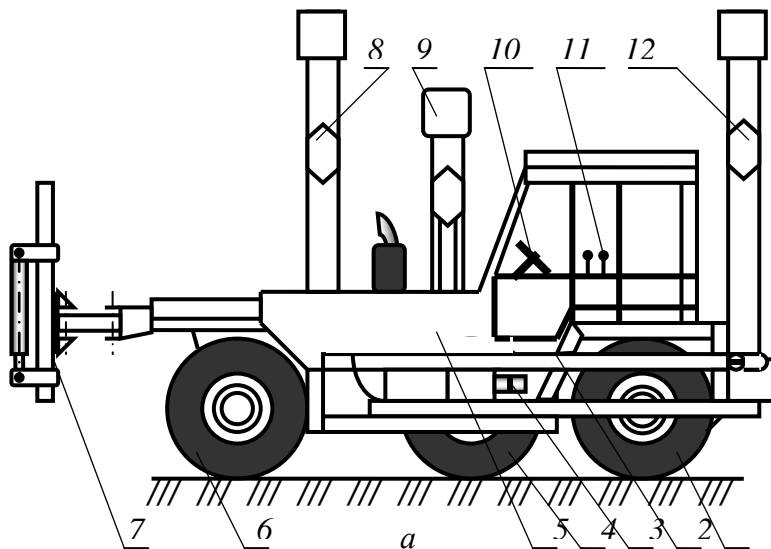
Германская фирма Ducker выпускает на базе автомобиля машину для обслуживания обочин и откосов дорог (рис. 2.45). У этой машины для снятия возникающих от сил тяжести рабочего оборудования нагрузок, действующих на передний мост, впереди и сбоку от моста устанавливается дополнительная двухколесная опора рояльного типа. При транспортном передвижении она поднимается.



Рис. 2.45. Машина для обслуживания обочин и откосов дорог на базе автомобиля.

Фирмами Krinke und Kruger и Berky на специальных трехопорных шасси выпускаются машины разных типоразмеров, предназначенные для очистки каналов от растительности (рис. 2.46). На раме 2, связывающей две основные опоры 1 и 6, смонтирована силовая установка 5 и органы управления 10, 11. Вспомогательная опора 4 является активной, т.е. имеющей привод от установленного на ней гидромотора. При транспортном перемещении она движется рядом с основными опорами. Машина при этом имеет минимальную колею.

На машину одновременно могут навешиваться три рабочих органа, например, на переднее навесное устройство 7 – косилка для окашивания бермы, на боковое 8 – косилка для окашивания откоса, на заднее 12 – грабли. Привод рабочих органов гидравлический.



б

Рис. 2.46. Схема трехопорного каналоочистителя АСМ:
а – вид слева; б – вид спереди.

Привод колес производится посредством гидромоторов-колес. Переднее колесо *б* является управляемым. Управление поворотами осуществляется рулевым колесом *10*, механически связанным с насосом-дозатором. Он направляет рабочую жидкость от насоса *3*, установленного на силовой установке, к гидромотору поворота переднего колеса.

Такая машина под маркой АСМ (агрегат самоходный мелиоративный) выпускается Кохановским экскаваторным заводом. Основными видами рабочего оборудования, навешиваемого на заднее устройство, являются очистной уширенный поворотный ковш обратной лопаты геометрической вместимостью $0,2 \text{ м}^3$, ковш решетчатый уширенный такой же вместимостью и с шириной захвата $2,54 \text{ м}$, грабли мелиоративные с шириной захвата $2,4 \text{ м}$. На переднее и боковое устройства могут навешиваться косилка сегментная с шириной захвата $1,9 \text{ м}$, косилка сегментная с дополнительным устройством для окашивания дна канала с общей шириной захвата $2,4 \text{ м}$, косилка роторная с шириной захвата $1,6 \text{ м}$.

Описанная конструкция машины позволяет ей хорошо приспособиваться к различным условиям работы. При окашивании канала в зависимости от ситуации вспомогательная опора может опираться на бегу канала, его ближний откос, дно или дальний откос.

Кроме того, основные опоры такой машины при необходимости могут перемещаться и по откосу, причем установкой в нужное положение вспомогательной опоры легко обеспечивается удобное для оператора вертикальное положение основных опор. Таким образом, машина может работать, передвигаясь по бегу и откосу (рис. 2.47,а), бегу и дну (рис. 2.47,б), откосу и дну (рис. 2.47,в). При необходимости могут использоваться и другие варианты.

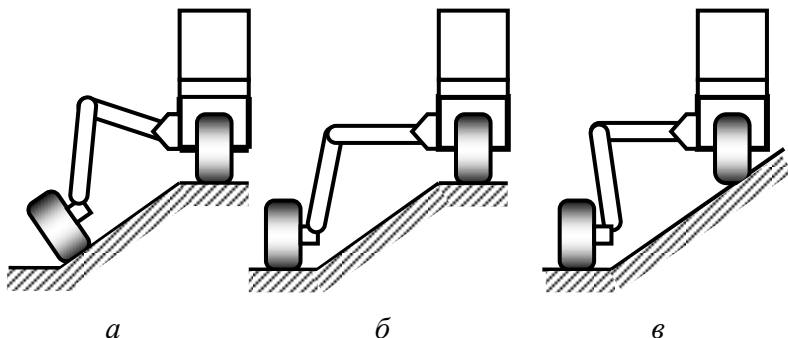


Рис. 2.47. Схема вариантов зон передвижения трехопорного каналочистителя: а – бегу и откос; б – бегу и дну; в – откос и дну.

Наиболее широко трехопорные машины разных типоразмеров производит фирма Verku.

Для примера одна из машин данной фирмы с навешенными сегментной косилкой с изогнутым режущим брусом и роторными граблями показана на рис. 2.48,а.

Более простой схемой трехопорной машины является машина, показанная на рис. 2.48,б.



Рис. 2.48. Трехопорные каналоочистители фирмы Verku.

Существуют каналоочистители (MP-15) на гусеничном шасси с раздвижными гусеницами, способные по мере необходимости изменять расстояние между гусеницами и перенастраиваться на работу по береговой или седлающей схеме. Ходовая часть MP-15 (рис. 2.49) состоит из основной 1 и поворотной вспомогательной 3 гусениц, соединенных двумя телескопическими балками 2 и телескопическим валом привода хода вспомогательной гусеницы. Она посредством гидроцилиндра может поворачиваться в горизонтальной плоскости, что выполняется при изменении расстояния между гусеницами.

Изменение расстояния выполняется в движении или при неподвижном каналоочистителе.

При неподвижном каналоочистителе (рис. 2.50,а) гусеница поворачивается на 90° и, после ослабления хомутов, выключается бортовой фрикцион основной гусеницы и включается привод вспомогательной гусеницы. Перемещаясь в нужную сторону, она будет изменять колею.

При изменении колеи в движении (рис. 2.50,б) ослабляются хомуты, фиксирующие телескопические балки, вспомогательная гусеница посредством гидроцилиндра поворачивается на $10...20^\circ$ от продольной оси, и производится передвижение каналоочистителя на первой передаче в нужную сторону. При этом вспомогательная гусеница будет приближаться или удаляться от основной. После получения требуемого

расстояния она поворачивается в исходное положение, а хомуты зажимаются.

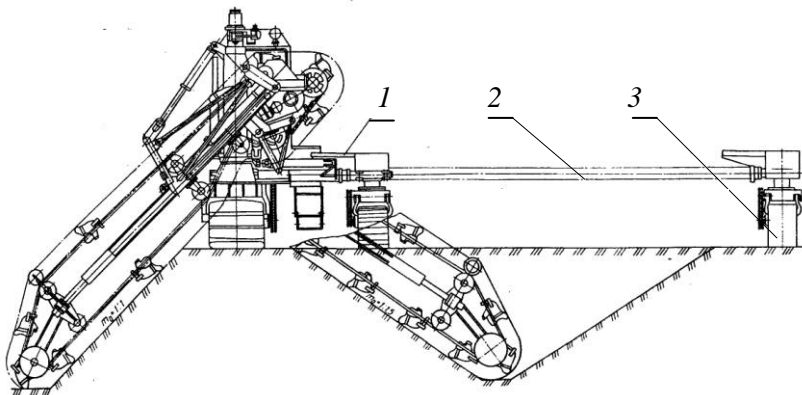


Рис. 2.49. Конструкция ходовой части каналоочистителя МР-15.

*Изменение колеи
при неподвижном
экскаваторе*

Изменение колеи в движении

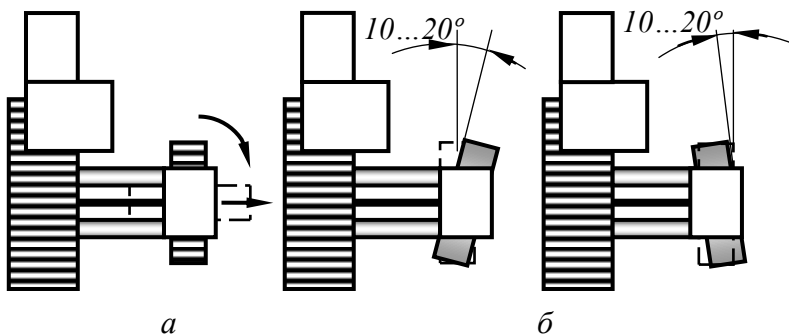


Рис. 2.50. Схема изменения расстояния между гусеницами каналоочистителя МР-15.

Вспомогательная гусеница 3 (рис. 2.51) может не только поворачиваться в горизонтальной плоскости вокруг поворотной головки 5, но и благодаря шарнирному соединению поворачиваться в вертикальной продольной плоскости относительно ведущего вала 4 цепной передачи 2. Это обеспечивает равномерное давление гусеницы на грунт по длине опорной поверхности гусеницы и позволяет ей принимать нужное по-

ложение при движении по неровной поверхности или, например, при въезде каналоочистителя на трейлер, не приводя к скручиванию рамы.

При работе по береговой схеме для повышения устойчивости вспомогательная гусеница может догружаться противовесом 1.

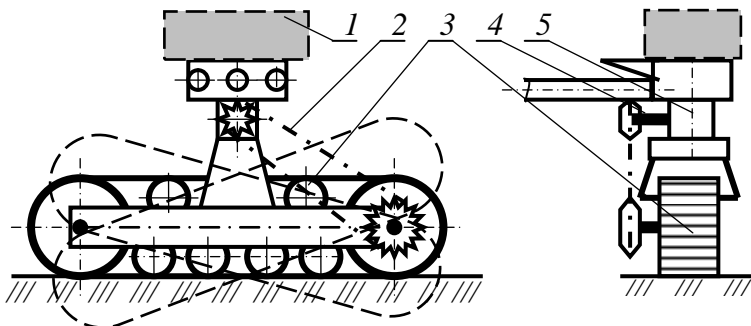


Рис. 2.51. Схема вспомогательной гусеницы.

Известна конструкция ходовой части (рис. 2.51), у которой переход с береговой (рис. 2.52,б) на седлающую схему работы (рис. 2.52,а) осуществляется не путем поворота рабочего органа, а за счет переноса вспомогательной гусеницы с приводом на противоположную от кабины сторону.

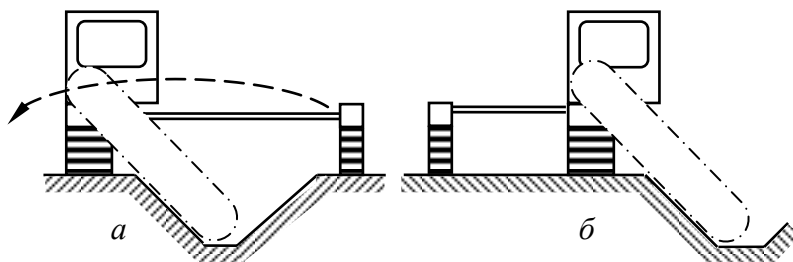


Рис. 2.52. Схема изменения варианта работы: а – седлающая; б – береговая.

Для обслуживания откосов могут использоваться фронтальные косилки на мотоблоках. Они могут иметь сегментный или роторный рабочий орган. На рис. 2.53 показана косилка на мотоблоке, имеющая двухроторный рабочий косилочный орган.



Рис. 2.53. Двухроторная косилка на мотоблоке.

Существуют также специальные ремонтно-эксплуатационные машины, перемещающиеся по откосу. К ним относятся гусеничный каналоочиститель МР-20 и колесная машина Verku. Они имеют увеличенные опорную поверхность и колею, а также низкий центр тяжести, что обеспечивает их возможность передвижения по откосам. Угол поперечного опрокидывания у МР-20 составляет 50° .

Внутриканальные каналоочистители, перемещающиеся по дну, наоборот должны иметь узкую колею, поэтому, например, внутриканальные каналоочистители ВК-1,2, ВК-1,5 созданы с использованием узкоколейного гусеничного виноградникового трактора (см. рис. 2.26).

Известно техническое решение, по которому в качестве базы каналоочистителя используется гусеничный трактор с наклоняемыми гусеницами (рис. 2.54).

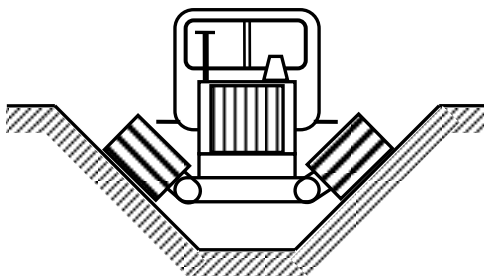


Рис. 2.54. Схема гусеничного внутриканального каналоочистителя с наклоняемыми гусеницами.

Фирма Verku выпускала внутриканальную машину на полноприводном четырехколесном шасси с арочными шинами (рис. 2.55). Колеса с платформой машины соединялись с помощью одновременно наклоняемых гидроцилиндрами аутригеров. Путем изменения их наклона обеспечивалось требуемое положение платформы и тем самым рабочего оборудования по отношению к каналу. При необходимости валы колес можно изменять по длине.

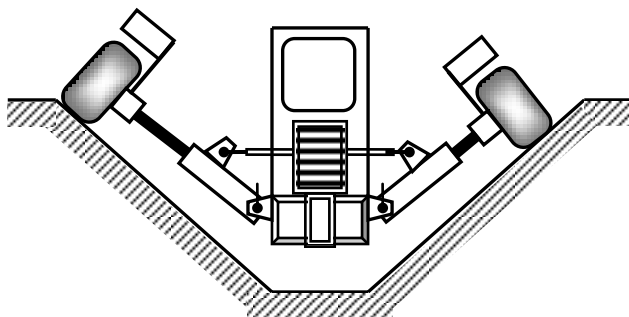


Рис. 2.55. Схема колесного внутриканального каналоочистителя с наклоняемыми колесами.

В последнее время фирма выпускает четырех- и шестиопорные машины с набором сменных рабочих органов (рис. 2.56).

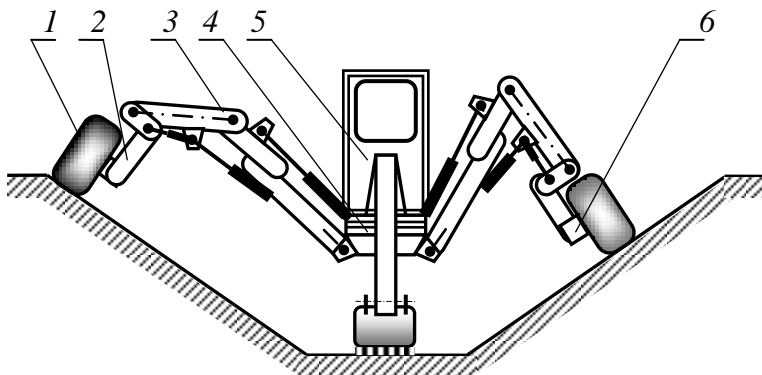


Рис. 2.56. Схема колесного многоопорного каналоочистителя.

Колесные опоры 1 имеют гидропривод 6 и связаны с платформой 4 двухзвенными гидроуправляемыми аутригерами 3. Перемещение правой и левой сторон ходовой части выполнено независимым друг от

друга, что позволяет каналочистителю перемещаться, опираясь на любые элементы периметра канала. При этом кабина 5 остается в вертикальном положении. Некоторые модели имеют возможность изменять длину стоек 2 аутригеров.

Для плавучих машин в качестве базы используются разного рода понтоны, баржи, мотоботы и катера. Иногда одноковшовые машины для очистки каналов и водоемов создаются на базе плавучих платформ, которые для повышения устойчивости снабжаются управляемыми сваями. При этом рабочий ход обеспечивается лебедками с якорями.

На рис. 2.57 показана плавучая машина, у которой платформа снабжена четырьмя гидроуправляемыми аутригерами с колесами. Перед копанием грунта аутригеры опускаются под воду до упора колес в дно. Тем самым обеспечивается необходимая устойчивость платформы. Кроме того, существуют машины-амфибии на гусеничном и колесном ходу. По воде они перемещаются с помощью винта, водометного двигателя или за счет реактивных сил, создаваемых движущимися гусеницами.



Рис. 2.57. Плавучая машина с аутригерами.

На рис. 2.58 показан вариант амфибии на резиногусеничном ходу, перемещающейся по воде при помощи двух гребных винтов.

В Нидерландах фирмой «Кноор» разработана и поставлена на производство машина-амфибия марки «Waterking». Машина поставляется в четырех моделях. Их основные технические данные приведены в табл. 2.3.

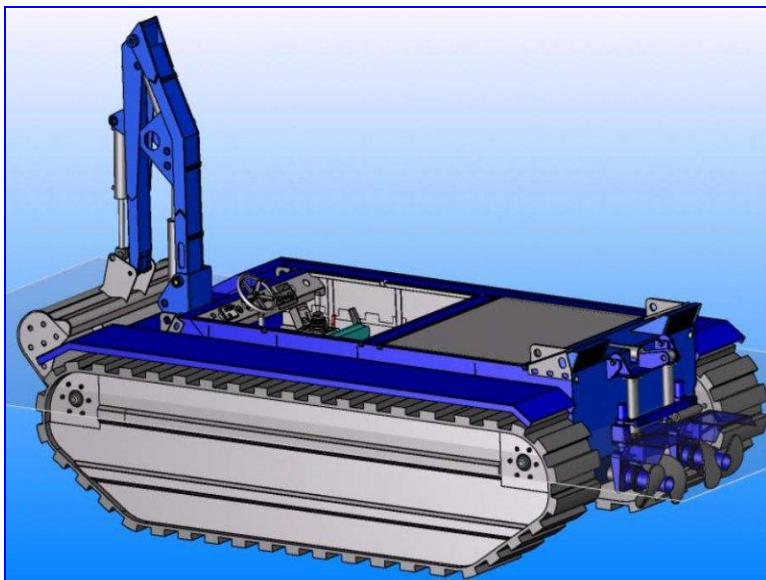


Рис. 2.58. Ремонтно-эксплуатационная гусеничная машина-амфибия.

Т а б л и ц а 2. 3. Основные данные машин «Waterking»

Показатели	WK 80	WK 100	WK 220	WK 250
Масса, т	12	20	28	32
Мощность двигателя, кВт	64	86,5	114	129
Опорное давление, кПа	10,3	12,3	9,8	9,8
Емкость ковша, м ³	0,50	0,65	1,20	1,50
Максимальная глубина копания, м	4,60	7,80	9,20	9,20
Размеры понтона, м	5,10×1,05× ×1,40	7,25×1,50× ×1,60	8,25×2,00× ×1,68	9,50×2,00× ×1,68

Схематически она показана на рис. 2.59. Машина базируется на понтонах 5 с гусеничным ходом. На поворотной платформе 3 установлены силовая установка 4, кабина 2 и рабочее оборудование 1. Основным видом рабочего органа является ковш обратной лопаты, однако машина может использоваться и с сортировочным грейферным ковшом, гидравлическими ножницами, землесосом, виброблоком, сменными ковшами и др. Для повышения устойчивости могут использоваться боковые понтоны с гидравлическими сваями.

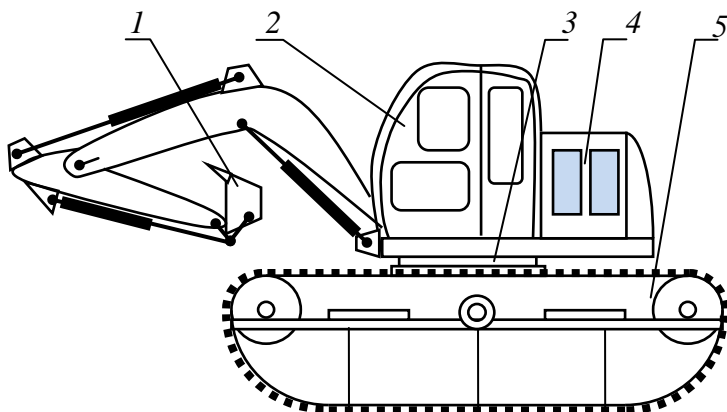


Рис. 2.59. Схема гусеничной машины-амфибии «Waterking».

Плавающая машина с гидравлическими сваями и боковыми опорами выпускается в Финляндии под названием «Watermaster» (рис. 2.60). Она базируется на понтоне 2. На нем установлено силовое оборудование и кабина 4. Перемещение по воде производится гребным винтом, расположенным в задней части понтона. В его передней части установлено рабочее оборудование 3. Для обеспечения необходимой устойчивости к боковым частям понтона прикреплены дополнительные съемные передние стабилизаторы (опоры) 1, а в задней части установлены две сваи 5 или задние стабилизаторы. Они могут погружаться на глубину до 4,9 м, а при необходимости – наклоняться вперед. Такая конструкция ходовой части позволяет перемещаться по воде и обеспечивает устойчивость при работе. Кроме того, при необходимости опираясь поочередно на рабочий орган, передние и задние стабилизаторы, машина способна выбираться на сушу. При погрузке ее на трейлер машина поднимается на опорах, а прицеп загоняют под понтон, что исключает использование дополнительных погрузочных средств.

При выполнении работ на глубине свыше 2,5 м для повышения устойчивости и увеличения площади палубы могут использоваться съемные боковые понтоны 7. Для перемещения отводных труб и других сервисных работ на палубе установлен сервисный кран 6 с грейферным захватом.

Кроме ковша емкостью 0,4 м³ могут использоваться режущий землесос, ковш-насос, грабли, двухчелюстной грейферный ковш, ковш с захватом для установки свай, копер для вибропогружения шпунтов.

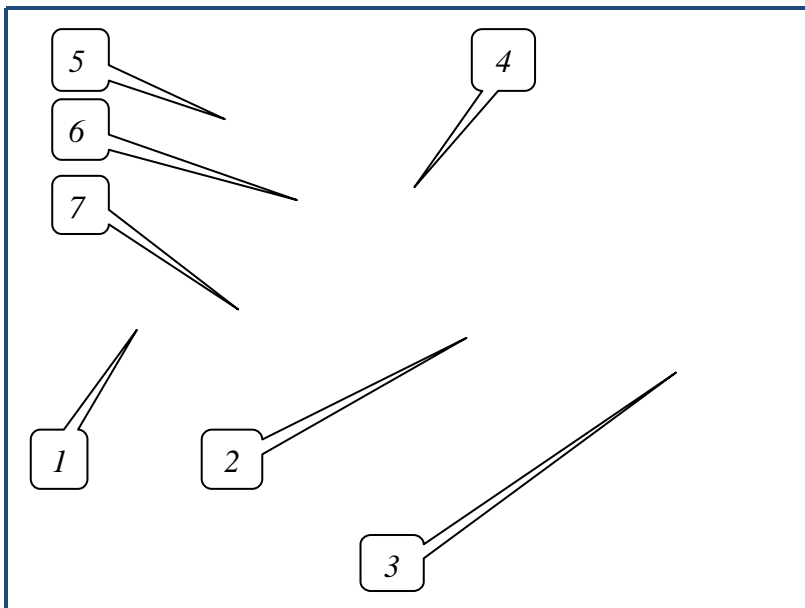


Рис. 2.60. Плавающая машина «Watermaster».

2.6. Каналоочистители циклического действия

Применение узкоспециализированных каналоочистителей непрерывного действия не всегда возможно по ряду причин. К таким причинам относятся: наличие камней и древесных остатков в удаляемых грунтах, сильная деформация бермы или откосов, большие размеры каналов, чрезмерное зарастание каналов, отсутствие воды в канале, большая глубина воды в канале, необходимость очистки водоемов и некоторые другие. Для работы в подобных условиях предназначены каналоочистители циклического действия. В большинстве своем они представляют собой разного рода ковши, навешенные по схеме обратной лопаты или драглайна на базовую машину – трактор, одноковшовый экскаватор или специальное колесное или гусеничное шасси. В небольшом количестве выпускаются плавающие машины. Рукоять или стрела могут быть выполнены удлиненными. Известны машины, имеющие рукоять со сменными удлинительными вставками или телескопическую рукоять.

Использование одноковшовых экскаваторов с ковшами общестроительного назначения, как правило, экономически нецелесообразно или

технологически невозможно, так как такие ковши искажают профиль каналов, повреждают их крепление, требуют доделочных работ, имеют низкую производительность из-за малого объема наносов, плохого опорожнения ковшей, недостаточного заполнения ковшей при заборе грунта из-под воды. Значения коэффициента наполнения в зависимости от глубины воды приведены в табл. 2.4.

Т а б л и ц а 2. 4. Значения коэффициента наполнения ковша одноковшового экскаватора при заборе грунта из-под воды

Глубина воды, см	Вид грунта	
	Суглинки	Торф
10	0,70	1,00
20	0,40	0,75
30	0,30	0,50
40	0,20	0,40
50	0,15	0,30
60	0,12	0,25

Классифицировать данные машины циклического действия можно следующим образом:

по назначению – для удаления наносов, растительности, профилирования каналов, извлечения посторонних предметов;

по обрабатываемому элементу периметра канала – для очистки откосов, очистки дна, очистки дна и откосов;

по зоне стояния в процессе работы – береговые, надканальные (седающие), внутриканальные (внутрирусловые), с изменяемой зоной стояния;

по типу рабочего органа – обратная лопата, телескопическая стрела, драглайн, боковой драглайн, с направляющей балкой, грейфер, манипулятор;

по направлению движения рабочего органа – поперечного, продольного и продольно-поперечного копания;

по виду ковша – ковш с отверстиями, решетчатый, решетчатый с удлиненными зубьями, ковш-грабли, ковш-косилка, ковш уширенный с прямой режущей кромкой, ковш уширенный поворотный (циркулярный), ковш профильный, грейферный, с поперечным наклоном, с газодинамической выгрузкой и др.

Классификационными признаками также могут быть вид базовой машины, тип ходового устройства, исполнение стрелового оборудования, наличие средств автоматизации и т.п.

В связи с тем, что толщина снимаемой ковшем стружки и длина пути, на котором происходит заполнение ковша, ограничены (иногда он

равен ширине канала по дну), ковши делаются уширенными. Это позволяет улучшить качество очистных работ и повысить производительность экскаватора. Поскольку наносы являются легкоразрабатываемыми грунтами, режущая часть ковша может выполняться без зубьев в виде *прямой режущей кромки* (рис. 2.61,а). Такой ковш позволяет получить и более ровную очищенную поверхность.

Профильный ковш (рис. 2.61,б) работает по продольной схеме копания. Он позволяет качественно очищать дно каналов, обеспечивать их хорошее сопряжение с откосами и получать ровные откосы. Однако продольную схему работы сложно осуществить при очистке в отличие от прокладки каналов.

Для удаления из каналов растительности и посторонних предметов используется навешиваемая на рукоять одноковшового экскаватора *борона* (рис. 2.61,в).

При большой ширине ковша его усиливают вертикальными перегородками (рис. 2.61,г).

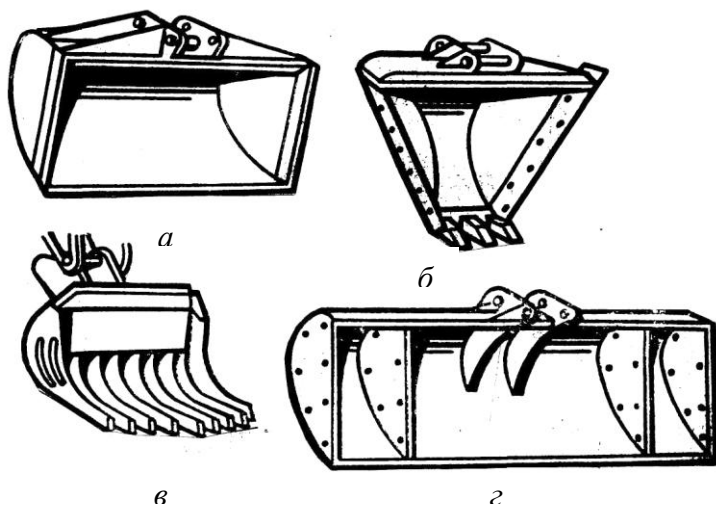


Рис. 2.61. Виды сменных рабочих органов циклического действия:
 а – уширенный ковш с прямой режущей кромкой; б – профильный ковш;
 в – борона для удаления растительности; г – уширенный ковш с перегородками.

Повышения коэффициента наполнения ковша добиваются, выполняя его с *отверстиями или щелями в днище и стенках* (рис. 2.62,а). Это могут быть ковши обратной лопаты, драглайна, профильные, поворотные и др.

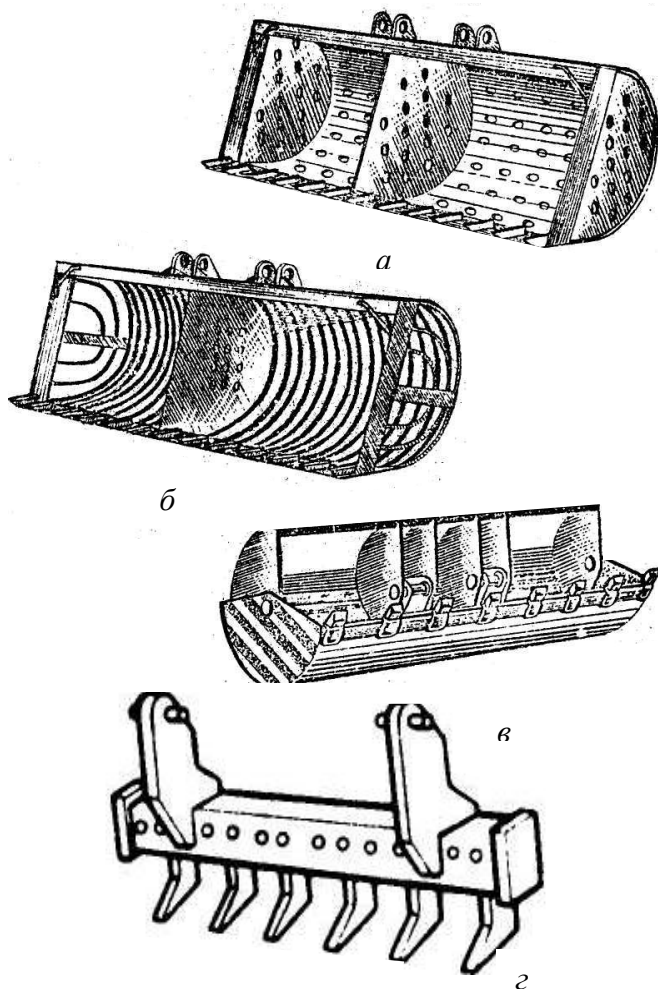


Рис. 2.62. Виды сменных рабочих органов циклического действия:
 а – решетчатый ковш; б – решетчатый ковш с удлиненными зубьями;
 в – уширенный самоочищающийся ковш; г – корчующий рабочий орган.

При очистке от растительности сильно заросших водоемов или каналов целесообразно применять *решетчатый* (рис. 2.62,б). Этот ковш имеет увеличенный объем и ширину захвата, навешивается и работает по схеме обратной лопаты или драглайна. Он свободно пропускает во-

ду и хорошо заполняется водорослями.

Для очистки каналов поперечным ходом ковша для удаления налипающих грунтов применяется *уширенный поворотный самоочищающийся ковш* (рис. 2.62,в). После извлечения ковша из канала при повороте ковша во время его выгрузки происходит и его принудительная очистка.

Очистка каналов от древесно-кустарниковой растительности производится *корчующим рабочим органом* (рис. 2.62,г). Данный рабочий орган имеет малую массу, конструктивно прост и достаточно производителен, однако при удалении кустарника на откосах часто остаются ямы от выкорчеванной корневой системы.

Извлечение посторонних предметов и погрузка срезанной растительности могут выполняться многозубым захватом (рис. 2.63).



Рис. 2.63. Многозубый двухчелюстной захват.

Для удаления водной растительности, в том числе на большой глубине, применяется *решетчатый ковш с удлиненными зубьями*, показанный на рис. 2.64,а. Он навешивается по схеме драглайна, что позволяет забрасывать ковш на большое расстояние и погружать его на значительную глубину. В процессе извлечения растительности он разрушает корневую систему растений, замедляя тем самым повторное зарастание.

Для предотвращения повреждения крепления канала применяется *ковш с прямой режущей кромкой*, движущийся в рабочем положении на *лыжах* (рис. 2.64,б). Их наличие исключает касание режущей кромки облицовки канала.

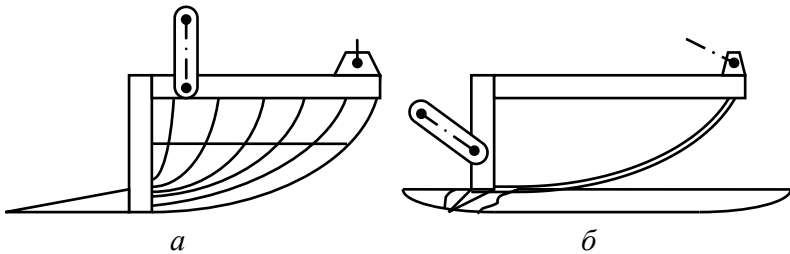


Рис. 2.64. Виды сменных рабочих органов циклического действия:
а – решетчатый ковш с удлиненными зубьями; б – уширенный ковш на лыжах.

Удаление растительности может производиться также *корчующей борной*, навешиваемой по схеме драглайна (рис. 2.65).

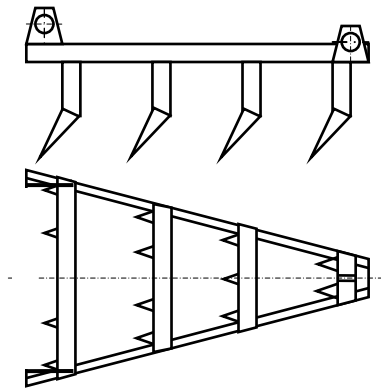


Рис. 2.65. Корчующая борона.

Одним из наиболее широко применяющихся ковшей является *ковш уширенный поворотный* или, так называемый, *циркульный ковш* (рис. 2.66), который также называют и *ремонтной лопатой*. Уширенные поворотные ковши используются на очистке каналов с объемом наносов до 2 м^3 на метр длины канала. В очищаемых каналах допускается наличие камней размером до 30 см, глубина воды в канале – не более одного метра.

Экскаваторы с поворотным ковшом способны удалять в периметре канала грунт вместе с кустарниковой растительностью при толщине стволов до 5 см. На рис. 2.66 показана установка уширенного поворотного ковша на гидравлическом экскаваторе. Здесь ковш 1 с перегородод-

кой крепится к рукояти 3. Его поворот осуществляется гидроцилиндром 4 через рычажную систему 2. Поворот рукояти относительно стрелы 5 осуществляется гидроцилиндром 6.

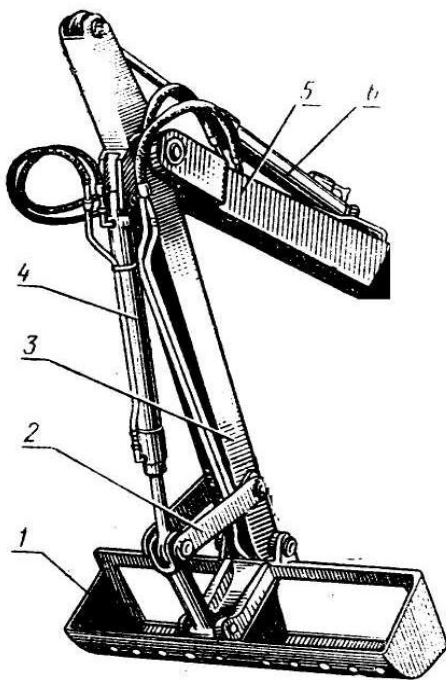


Рис. 2.66. Общий вид поворотного ковша с перегородкой.

Схемы работы такого ковша показаны на рис. 2.67.

При очистке противоположного откоса (рис. 2.67,а) ковш 1 подтягивается за счет поворота рукояти 4 и приподнимания или опускания стрелы 5. Нужное положение или поворот ковша обеспечиваются гидроцилиндром 3 посредством рычажной системы 2. Шарнирная рычажная система предназначена для увеличения угла поворота ковша.

При очистке только дна (рис. 2.67,б) забор грунта производится поворотом ковша при неподвижных стреле и рукояти, а при очистке ближнего откоса (рис. 2.67,в) – подтягиванием рукояти гидроцилиндром 6 и соответствующим перемещением стрелы гидроцилиндром 7.

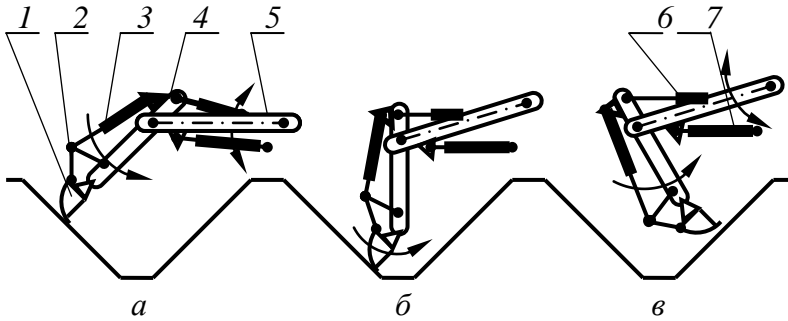


Рис. 2.67. Схема работы экскаватора с уширенным поворотным (циркульным) ковшом: а – очистка дальнего откоса; б – очистка дна; в – очистка ближнего откоса.

Шарнирная рычажная система и вид ковша показаны на рис. 2.68.

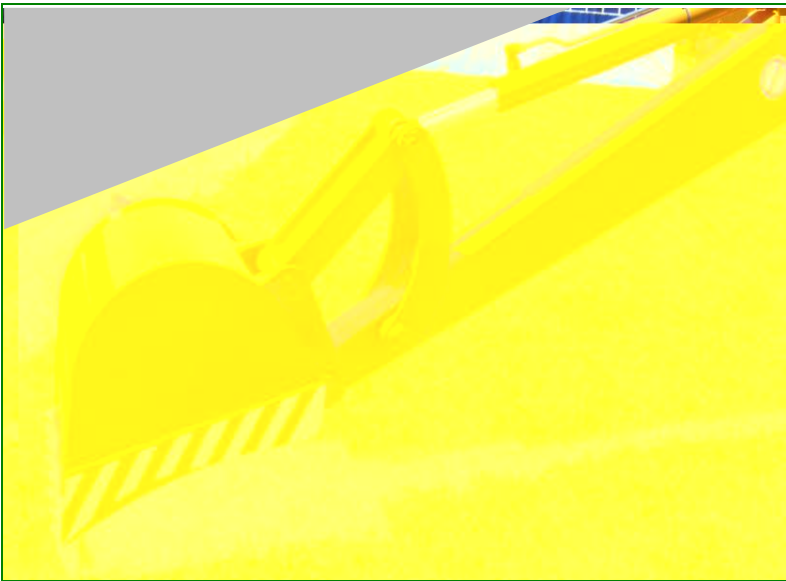


Рис. 2.68. Общий вид поворотного ковша.

Поворотные ковши выпускаются в качестве сменного оборудования к гидравлическим экскаваторам, к экскаваторам с канатно-блочным

управлением и к каналоочистителям. У экскаватора с канатно-блочным управлением (рис. 2.69) поворот ковша 5 производится посредством блока с канатом или гидроцилиндра, что является более удобным, поэтому гидроцилиндр 4 поворота ковша устанавливается даже на экскаваторах с канатно-блочным управлением. В этом случае на поворотную платформу устанавливается бак гидросистемы 13, насос 12, монтируются маслопроводы 1 и 11, проходящие по стреле 9. Для расширения возможностей при очистке каналов могут быть использованы удлиненные рукояти, рукояти с переустанавливаемыми удлинителями или рукояти, длина которых изменяется посредством гидроцилиндра (телескопические рукояти). В данном случае на рукоять 8 крепится удлинитель 7 с элементами управления 2, 3 и 6.

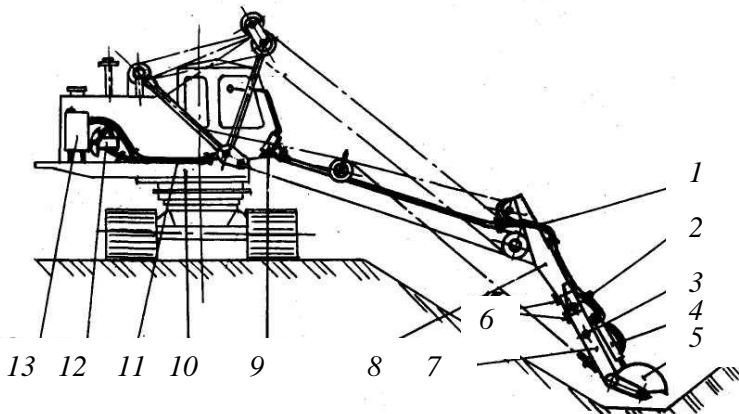


Рис. 2.69. Общий вид поворотного ковша экскаватора с канатно-блочным управлением.

В связи с воздействием значительных реакций на боковые участки ковша в местах его присоединения к рукояти возникают большие напряжения, приводящие к поломкам. Поэтому иногда выпускаются ковши (рис. 2.70), имеющие присоединительные отверстия на боковых стенках ковша и на его перегородке, если она имеется. Стенки и перегородка посредством пальцев шарнирно соединяются с проушинами виллообразной рукояти.

При необходимости очистки дна и откосов продольным движением удобно использовать *ковши с поперечным наклоном* (наклоняемые ковши) – уширенный (рис. 2.71,а) или профильный (рис. 2.71,б).

При очистке заросших травянистой растительностью каналов от растительности могут использоваться *решетчатые уширенные ковшикосилки*, имеющие вместо передней режущей кромки активный сегментно-пальцевый или многороторный косилочный аппарат. Однако

такие ковши не применяются для удаления наносов, поэтому более подробно они рассмотрены при описании машин для удаления растительности.

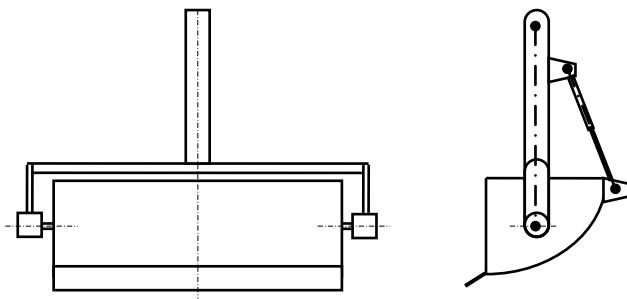


Рис. 2.70. Схема поворотного ковша с вилообразной рукоятью.

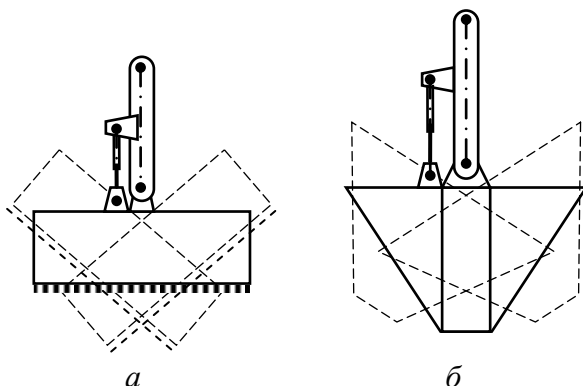


Рис. 2.71. Схемы наклоняемых ковшей:
а – уширенного; б – профильного.

Одновременное удаление наносов и растительности способен производить *уширенный поворотный ковш с неподвижной заслонкой и противорежущей кромкой* (рис. 2.72,а). Поворот ковша 2 (рис. 2.72,б) при заборе грунта приводит к сближению его кромки 3 с противорежущей кромкой 4 и перерезанию растительности или при необходимости отрезанию бровки канала. Возврат ковша в исходное положение обеспечивает принудительное выталкивание забранной массы из ковша неподвижной заслонкой 1. Благодаря тому, что противорежущая кромка подпружинена и имеет возможность перемещаться, режущие

кромки предохраняются от повреждений при попадании между ними камней.

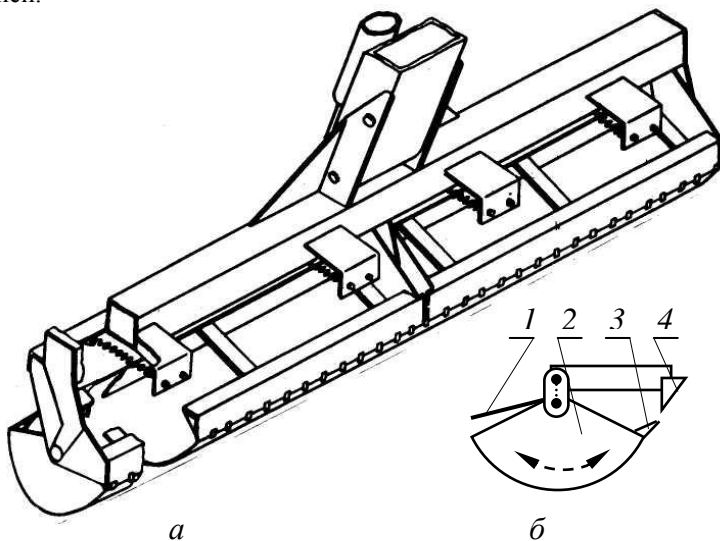


Рис. 2.72. Уширенный поворотный ковш с неподвижной заслонкой и противорезающей кромкой: а – общий вид; б – схема работы.

Принудительная выгрузка осуществляется и в *поворотном решетчатом самоочищающемся ковше*, у которого роль заслонки играют неподвижные грабли с пальцами, расположенными между прутьями дна ковша поворачиваемого гидроцилиндром.

Для профилирования и очистки откосов могут использоваться одноковшовые экскаваторы с *телескопическим рабочим оборудованием*, на котором для повышения производительности и качества работ вместо ковша устанавливается отвал, или ковшое рабочее оборудование обратной лопаты с системой, обеспечивающей необходимую траекторию ковша.

Перечисленные виды рабочих органов перемещаются в основном в поперечном направлении. При очистке или ремонте крупных каналов достаточно широко применяются драглайны. Зачастую они располагаются по берегу канала и ковш движется в поперечном или в продольно-поперечном направлении к оси канала. В этом случае сложно сохранить проектное сечение канала и не повредить его крепление. Лучше вписываются в профиль канала и, как правило, обеспечивают более высокое качество работ ковши, перемещающиеся вдоль канала. По продольно-поперечной схеме копания может работать драглайн. Он

же, располагаясь внутри канала (внутриусловная зона стояния) при очистке крупных каналов или располагаясь над каналом (седлающая схема) при очистке мелких каналов, обеспечивает продольную схему копания. Однако размеры большинства мелиоративных каналов не позволяют использовать драглайны обычной конструкции.

Специализированным оборудованием продольного копания, предназначенным для очистки или реконструкции мелиоративных каналов, является *боковой драглайн*, или *драглайн бокового копания*. Сменное оборудование драглайна бокового копания показано на рис. 2.73.

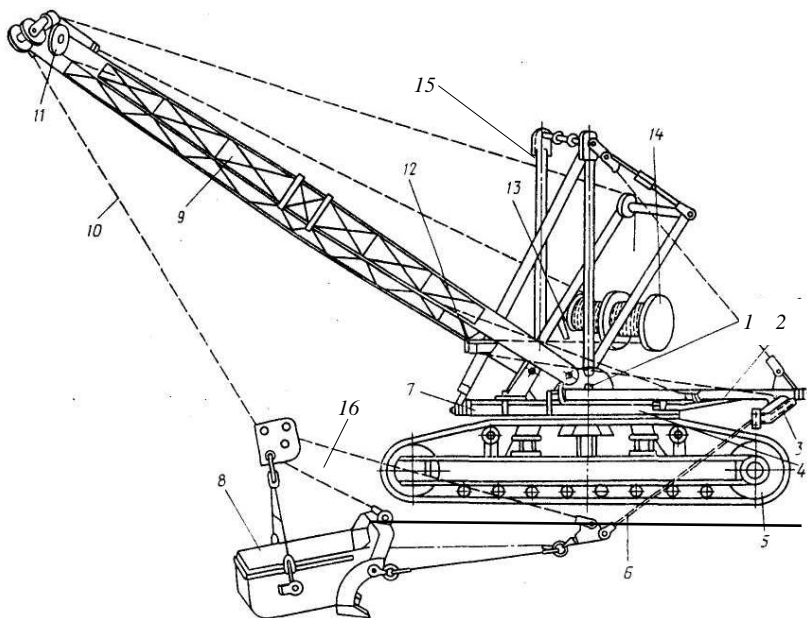


Рис. 2.73. Оборудование драглайна бокового копания.

Основным элементом рабочего оборудования, обеспечивающим требуемое направление движения ковша, является дополнительно устанавливаемая боковая стрела 2, которая в горизонтальной и вертикальной плоскостях фиксируется оттяжками, связывающими оголовок боковой стрелы 2 с поворотной платформой экскаватора 4 и его двуногой стойкой 15. Стойка опирается на вал 1. Перемещение ковша 8 обеспечивается, как и у обычного драглайна, тяговым 6, подъемным 10 и разгрузочным 16 канатами. Они управляются барабанами 13 и 14 главной лебедки. Тяговый канат огибает блоки 3 и 12. Наводка в дан-

ном оборудовании отсутствует. Головной блок *11* основной стрелы *9* для обеспечения возможности движения каната под углом выполнен поворотным. Для предотвращения поворота платформы под воздействием силы сопротивления перемещению ковша платформа снабжается стопорным устройством *7*, связывающим поворотную платформу с ходовой частью *4*.

Схема, поясняющая работу драглайна бокового копания, приведена на (рис. 2.74).

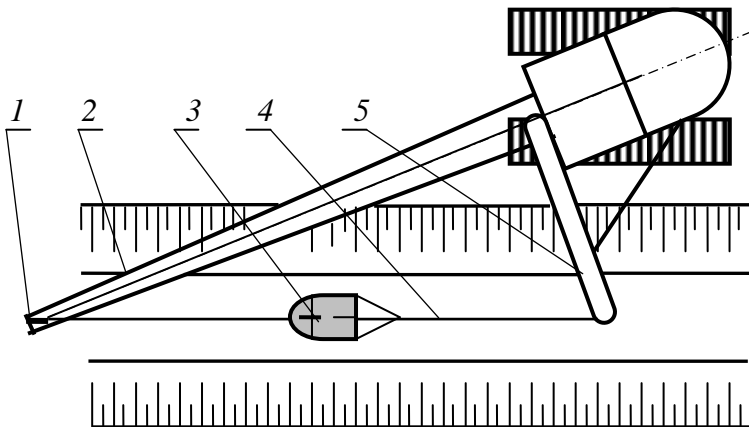


Рис. 2.74. Схема работы драглайна бокового копания.

Стрела *2* драглайна при копании устанавливается под углом к оси канала. По поворотному головному блоку *1* перемещаются канаты *4*, обеспечивая продольное движение ковша *3* и забор грунта им. Нужное направление движения задается боковой стрелой *5*. Подъем ковша и выгрузка грунта производятся так же, как и у обычного драглайна.

Оборудование бокового драглайна выпускается к экскаваторам третьей и четвертой размерных групп. Таким оборудованием очищаются каналы глубиной до 5,5, шириной по дну – до 1,5 и шириной по верху – до 24 м.

Существует рабочее оборудование бокового драглайна с изменяемой длиной боковой стрелы.

Наибольшую точность обработки канала циклическим рабочим органом обеспечивает *каналоочиститель с направляющей балкой* (траверсой) (рис. 2.75).

Рабочее оборудование такого каналоочистителя, имеющего марку РР-303, навешивается на нижнюю опорную раму *б*, крепящуюся к гусеничному трактору *2*. С ней посредством шарниров и рычажной сис-

темы 4 соединена сдвоенная телескопическая рама 1, на которой шарнирно подвешена направляющая балка 7 с опорными плитами 9 и ковшом 8. Кроме того, на балке смонтирована система, состоящая из гидроцилиндров, каната и блоков и обеспечивающая возвратно-поступательное перемещение ковша с подвижной стенкой 11.

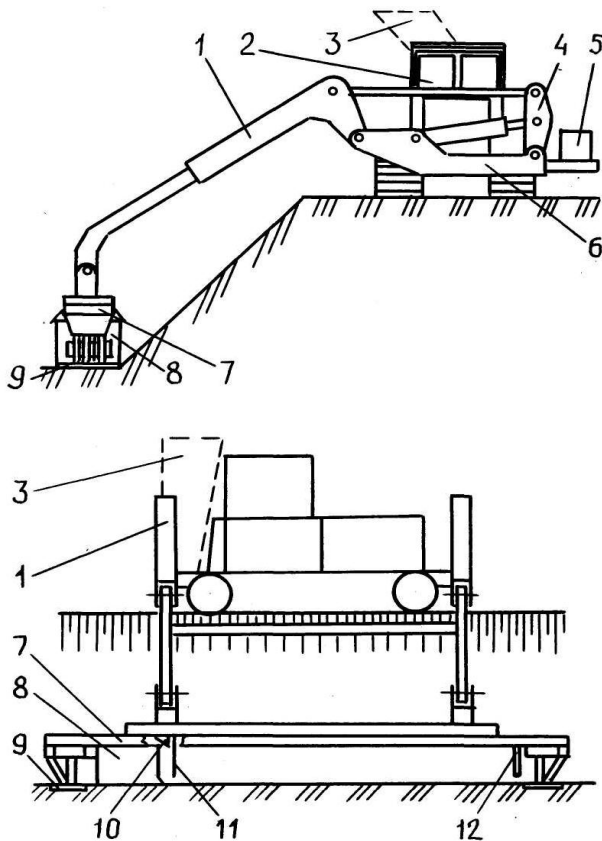


Рис. 2.75. Каналоочиститель с направляющей балкой.

При очистке канала сдвоенная телескопическая рама посредством гидроцилиндров рычажной системы опускается и устанавливается на опорные плиты. Ковш при движении вперед вырезает наносы и растительность и заполняется ими. Давление поступающей в ковш массы отодвигает подвижную стенку к задней части ковша. В конце хода пе-

редняя часть ковша закрывается заслонкой 12. После заполнения ковша телескопическая рама поднимается в вертикальное положение, ковш по направляющей балке перемещается назад. В конце возвратного хода ковша подвижная стенка наталкивается на упор 10 и выталкивает из ковша его содержимое на берегу канала, после чего цикл повторяется. Длина хода ковша ограничивается конечными выключателями. Для увеличения расстояния расположения выброшенного грунта от бровки канала на каналоочиститель может быть установлен наклонный лоток 3, на который поступает выталкиваемая из ковша масса.

Каналоочиститель комплектуется ковшами разного профиля и разной ширины, может работать во всех, в том числе мелкокаменистых и переувлажненных грунтах. Глубина очищаемых каналов до 3,5 м, минимальная ширина по дну – 0,5 м. Для повышения устойчивости каналоочиститель снабжен боковым противовесом 4.

Одним из главных недостатков каналоочистителей циклического действия является их низкая производительность, обусловленная большой длительностью рабочего цикла.

Наименьшая длительность цикла обеспечивается применением пневмоимпульсной выгрузки. Для очистки дна облицованных каналов с шириной по дну 0,4...0,8 м применяется внутриканальный каналоочиститель, состоящий из гусеничного низкоклинренсного малогабаритного трактора и фронтально навешенного на него *пневмоимпульсного ковша*. Во время работы ковш опускается на дно канала. В результате поступательного перемещения каналоочистителя ковш срезает слой наносов и постепенно заполняется. Одновременно с процессом резания в камеру формирования пневмоимпульса компрессором трактора нагнетается сжатый воздух. Затем воздух импульсно через клапан подается под имеющийся в ковше грунт, который примерно за 0,2 с выталкивается из ковша через два направляющих патрубка (рис. 2.76). Дальность выброса составляет 7...8 м, давление в момент начала выброса – 0,55...0,65 МПа.

Условия выполнения ремонтно-эксплуатационных работ на мелиоративных объектах отличаются достаточно большим разнообразием. Поэтому не для всех видов работ созданы специальные каналоочистители непрерывного действия. К тому же их применение не всегда возможно по ряду причин. К таким причинам относятся: сильная деформация бермы или откосов, наличие древесных остатков и камней в удаляемых наносах, большие размеры каналов или водоемов, их сильное зарастание, отсутствие воды в канале, большая глубина воды в канале или водоеме, необходимость выполнения работ, близких к общестроительным, и некоторые другие. В таких условиях для механизации работ применяются каналоочистители циклического действия.

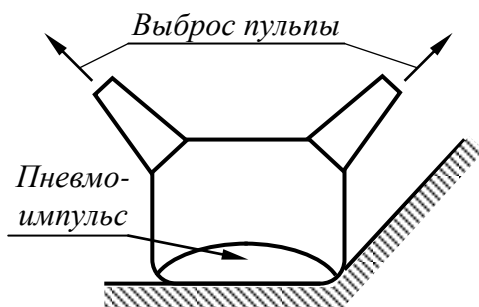


Рис. 2.76. Схема рабочего органа внутриканального каналоочистителя с пневмоимпульсной разгрузкой ковша.

К *достоинствам каналоочистителей циклического действия* можно отнести то, что они, как правило, имеют относительно более широкие технологические возможности, меньше, чем каналоочистители непрерывного действия, зависят от условий работы. В качестве базы для их создания зачастую используются серийно выпускаемые тракторы или они могут представлять собой одноковшовые экскаваторы со сменным рабочим оборудованием. Часть ремонтно-эксплуатационных работ вообще может выполняться универсальными одноковшовыми экскаваторами, оснащенными обратной лопатой с общестроительным ковшом, или драглайном. Применение сменных стандартных ковшей еще более расширяет возможности одноковшовых экскаваторов.

К *недостаткам каналоочистителей циклического действия* следует отнести то, что они имеют сравнительно большую массу, низкую производительность, невысокое качество работ, требуют повышенного внимания при работе на каналах с креплением русла и откосов во избежание их возможного повреждения, в процессе работы представляют повышенную опасность по отношению к имеющимся в зоне работы ГТС и их элементам, они обычно не способны обеспечить требуемый уклон дна канала, могут нарушать требуемые параметры поперечного сечения каналов, после их применения обычно требуются доделочные работы и работы по разравниванию образующихся кавальеров.

2.7. Каналоочистители с набором сменных рабочих органов

Большое разнообразие каналов по форме, размерам, конструкции и назначению, различия в условиях их работы, многовариантность повреждений выдвигают соответственно значительное количество достаточно жестких, порой, взаимоисключающих требований к каналоочи-

стительным операциям и машинам их выполняющим. Эти требования и широкий технологический круг работ выполнить одним рабочим органом невозможно. Поэтому для ремонта каналов приходится использовать группу разномарочных машин, что, как правило, невыгодно в процессе выполнения работ и, кроме того, требует повышенных расходов на содержание машин. Данная ситуация особенно усугубляется в связи с тем, что работы являются сезонными и машины загружены относительно короткий промежуток времени года. Это является причиной создания и достаточно широкого применения машин с набором сменных рабочих органов, предназначенных для выполнения комплекса различных технологических операций. Подобные машины иногда называют многоцелевыми каналоочистителями. Их использование уменьшает количество необходимого персонала, снижает затраты на хранение и обслуживание парка машин, позволяет более равномерно на протяжении года загрузить машины, сокращает амортизационные отчисления.

Обычно кроме бульдозера и основного рабочего органа они могут иметь от одного до восьми сменных органов.

Наиболее широко в качестве базовых машин для создания каналоочистителей со сменными рабочими органами используются сельскохозяйственные колесные и гусеничные тракторы и реже мелиоративные, промышленные и лесопромышленные тракторы, одноковшовые экскаваторы и специальные шасси.

Рабочие органы навешиваются на толкающую раму (бульдозер), поворотную колонку, поворотную платформу, дополнительную полунавесную или полуприцепную опору, на раму трактора или на дополнительное навесное устройство. Например, каналоочиститель многоцелевой (КМ-82), базирующийся на тракторе МТЗ-82, комплектуется бульдозером, землесосным оборудованием, двухроторной косилкой, бильной косилкой, подборщиком срезанной растительности, ковшом-косилкой, ковшом уширенным, ковшом решетчатым, ковшом поворотным самоочищающимся, ротором-метателем (фрезой с осью вращения, параллельной оси канала).

Для навешивания сменных органов трактор 1 (рис. 2.77) оборудован прикрепленной к лонжерону рамы неповоротной стрелой 3. Для привода в действие рабочего оборудования предназначена насосная установка 8, приводимая в действие от вала отбора мощности. Повышение устойчивости в рабочем положении обеспечивается дополнительной колесной опорой 6 в виде стального колеса, которым каналоочиститель в рабочем положении опирается о берму канала.

В передней части трактора навешивается бульдозерное оборудование 4. Управление рабочим оборудованием производится из кабины посредством рычагов 2 гидрораспределителей.

При работе с роторной косилкой на стекло кабины устанавливается двухслойная защитная сетка 10.

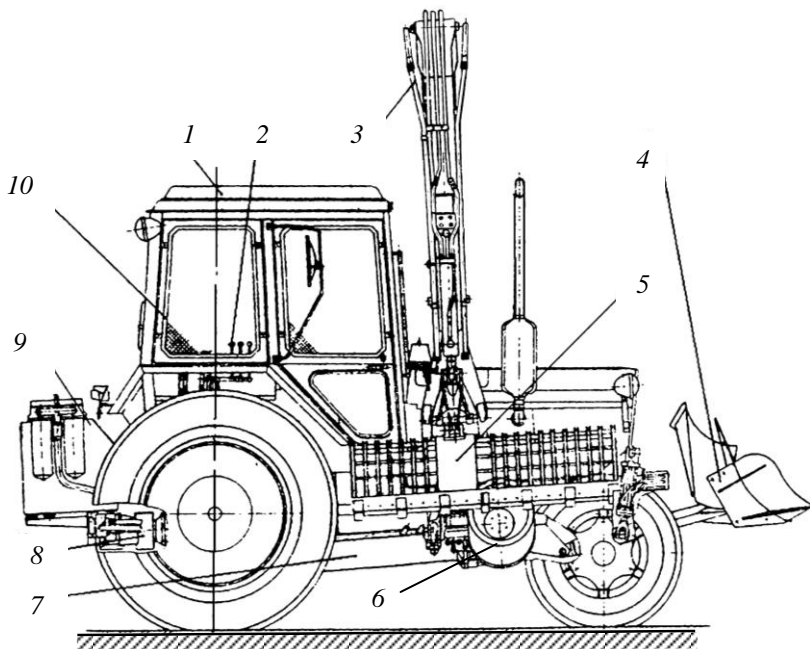


Рис. 2.77. Многоцелевой каналочиститель КМ-82.

Данный каналочиститель предназначен для ремонтно-эксплуатационных работ на облицованных и необлицованных каналах, сухих и с водой, с минимальной шириной по дну 0,6 м, с коэффициентом заложения откосов до 2 при максимальной глубине канала до 2,5 м.

Недостатком такой схемы является то, что ковшовые рабочие органы выносят грунт на бровку канала.

Стрелу 4, прикрепленную к лонжерону трактора 2 МТЗ-82, имеет также каналочиститель ОКН (рис. 2.78), но в данном случае стрела смонтирована с возможностью поворота в плане. Стрела поворачивается посредством гидроцилиндра. Угол поворота таков, что позволяет выгружать грунт из ковша за пределы полосы движения каналочистителя. Машина снабжена дополнительным опорным колесом 5, проти-

вовесом 1, бульдозерным отвалом 6 и насосной станцией 3.

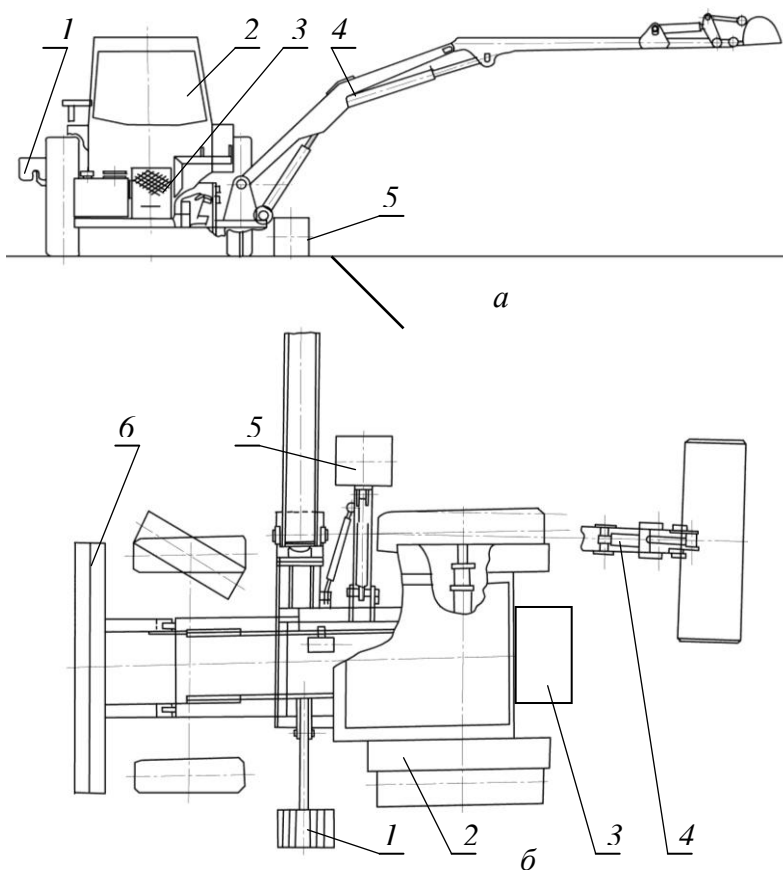


Рис. 2.78. Каналоочиститель многоцелевой ОКН: а – вид сзади; б – вид сверху.

Транспортное положение ОКН показано на рис. 2.79.

Боковая навеска рабочего органа и действующие на него нагрузки приводят к частым поломкам ходовой части, особенно правой задней полуоси, поэтому на более мощном колесном тракторе Беларус 1221 выпускается доработанная модель ОКН. Он имеет большую надежность и лучшую устойчивость. Основные технические данные каналоочистителей приведены в табл. 2.5.



Рис. 2.79. Каналоочиститель многоцелевой ОКН с рабочим органом в транспортном положении.

Каналоочиститель МР-19, в виде сзади показанный на рис. 2.41, имеет то же назначение, что и КМ-82. Он имеет стрелу 3, смонтированную на поворотной колонке 2, установленной на дополнительной раме в задней части трактора 1. Это позволяет производить разгрузку ковша на значительном расстоянии от канала. Каналоочиститель кроме бульдозера имеет комплект сменных рабочих органов 5, присоединяемых к кронштейну 4. В их числе ковш обратной лопаты, ковш уширенный, косилка сегментно-пальцевая с изогнутым режущим брусом, ковш-косилка, косилка роторная, ротор-метатель (фреза с осью вращения, параллельной оси канала), землесос, предназначенный для очистки дна бетонированного канала, подборщик срезанной растительности.

Т а б л и ц а 2.5. Техническая характеристика каналоочистителей ОКН

Показатели	ОКН	ОКН-0,5
Базовый трактор	МТЗ-82	Беларус 1221
С очистным ковшом		
Геометрическая вместимость ковша, м ³	0,2	0,2
Ширина ковша, м	1690	1690
Конструктивная масса ковша, кг	125	125
Наибольшая глубина копания, м	3830	3380
Наибольший радиус копания от продольной оси трактора (от оси поворота), м	7600 (6620)	(6050)
Угол поворота ковша, градус	142	142
Продолжительность рабочего цикла при очистке канала глубиной 2 м с заложением откосов 2:1 при наибольшем радиусе копания и повороте на выгрузку 90° в грунтах первой категории, с, не более	20	20
Техническая производительность (без смены позиций) в грунтах первой категории при 0,1 м ³ наносов на метре длины канала, м ³ /ч (м пог/ч)	24 (140)	24 (200)
Габариты в транспортном положении, мм	5200×2650× 4000	5900×2750× 4000
Эксплуатационная масса, кг	6000	9170
Скорость рабочего передвижения, км/ч	1,89...4,26	2,1...4,8
Скорость транспортного передвижения, км/ч	До 18	До 18
Конструктивная масса бульдозерного отвала, кг	–	215
Распределение нагрузки по осям в транспортном положении, в % на переднюю/на заднюю	–	34/66
С роторной косилкой		
Производительность, га/ч, не менее	0,32	0,32
Ширина захвата, м	1,6	1,6
Число роторов, шт.	3	3
Число ножей на роторе, шт.	2	2
Частота вращения роторов, об/мин	1800...2000	1800...2000
Высота стерни, мм	75...120	40...80
Конструктивная масса косилки, кг	152	152
С сегментной косилкой		
Производительность, га/ч, не менее	0,4...0,5	–
Ширина захвата, м	2,16	–
Высота стерни, мм	40...80	–
Конструктивная масса косилки с присоединительным звеном, кг	175	–
С ротором-метателем (фрезой)		
Техническая производительность, м ³ /ч, не менее	–	30
Диаметр, мм	–	600
Конструктивная масса рабочего органа, кг	–	200
Конструктивная масса рабочего оборудования, кг	–	3575

На базе трактора типа Т-150К выпускается ремонтно-эксплуатационный агрегат АРЭ (рис. 2.80), который, используя сменные рабочие органы, способен очищать от наносов и окашивать дно и откосы осушительных каналов глубиной до 2,5 м и шириной по дну 0,6...1,5 м, удалять камни, скашивать водную растительность, выполнять погрузочно-разгрузочные работы.

Ремонтно-эксплуатационный агрегат АРЭ состоит из базового трактора 2, навешенного в передней части бульдозерного оборудования 1, дополнительного ремонтного оборудования и системы управления. Рабочее ремонтное оборудование крепится к стреле 9, устанавливаемой на поворотную платформу 10, которая поворачивается гидроцилиндром 4, а в транспортном положении фиксируется стопором 8.

При работе машина опирается на колеса и две опоры 6. Для обеспечения работы и управления ремонтным оборудованием на тракторе дополнительно установлены бак 7 гидросистемы, распределитель 3 и насос.

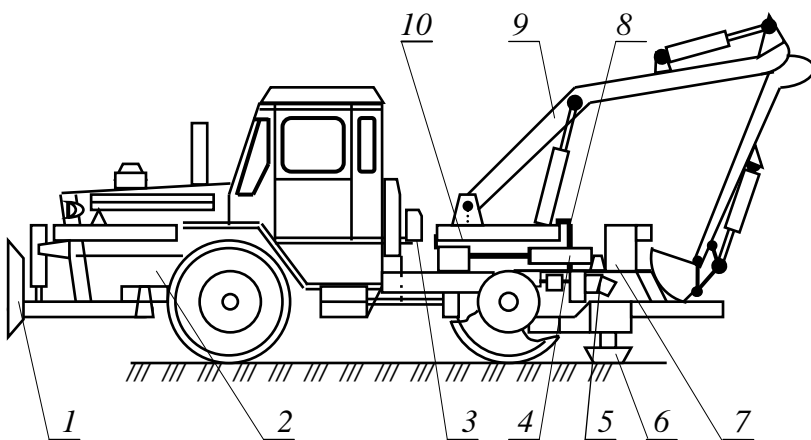


Рис. 2.79. Ремонтно-эксплуатационный агрегат АРЭ.

К многоцелевым каналаочистителям на гусеничном ходу относятся МР-14 и МР-21.

На рис. 2.81 показан каналаочиститель МР-14 на базе гусеничного трактора ДТ-75Б-С4 6. Каналаочиститель предназначен для очистки каналов глубиной до 2 м, а также для разравнивания кавальеров и выполнения планировочных работ. Он снабжается бульдозерным оборудованием, фрезой с осью вращения, параллельной оси канала (ротом), шнеко-роторным рабочим органом, четырехроторной косилкой и

землесосом. На рис. 2.81 приведен вариант с основным оборудованием – фрезой и бульдозерным оборудованием. Последнее состоит из толкающей рамы 1, крепящейся к упряжному шарниру 3, отвала 16, уширителей 17 и опорной лыжи 18. Управление бульдозерным оборудованием производится посредством гидроцилиндра 15.

Фрезерный рабочий орган 11 приводится в действие гидромотором 9 с редуктором 10. Фреза, косилка или землесос крепятся к рукояти 8, шарнирно соединенной с рамой 2. Подъем и опускание рабочих органов осуществляется гидроцилиндрами 13 и 14, а поворот – гидроцилиндром 12. Гидромоторы требуют большой подачи масла, поэтому на тракторе смонтированы дополнительно бак 7 и насос 5, приводимый в действие ВОМ посредством редуктора 4.

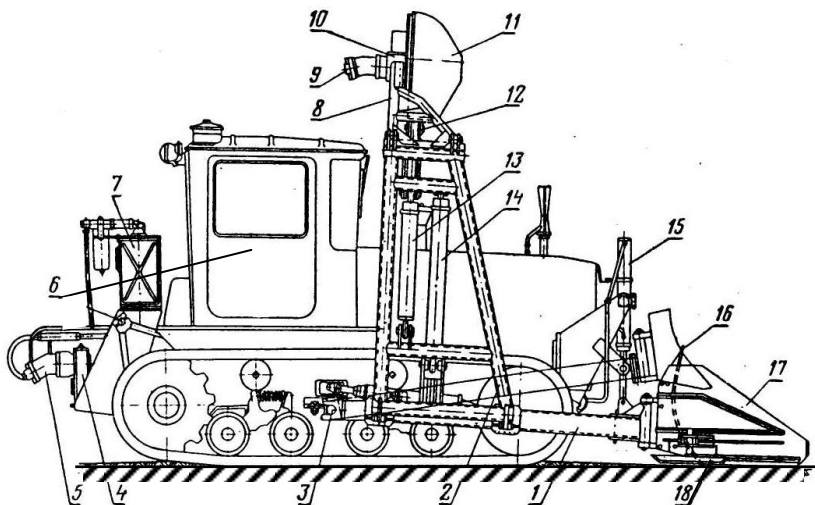


Рис. 2.81. Каналоочиститель МР-14 с фрезерным рабочим органом.

Каналоочиститель МР-21 (см. рис. 2.39) предназначен для очистки каналов глубиной до 3 м, проложенных в земляном русле и облицованных. Он имеет бесступенчатое регулирование скорости передвижения. Способен выполнять 14 технологических операций десятью сменными органами. Каналоочиститель работает по береговой схеме и базируется на специальном самоходном гусеничном шасси с увеличенной опорной поверхностью. Состоит из сменного рабочего органа, в изображенном варианте, – фрезы 1 с кожухом 2, рукояти 4 с рычагом 3 и гидроцилиндрами 5, 7, 9, 12, стрелы 6, кабины 8, поворотной платформы 10 с гидромотором ее привода 11, противовеса 13 и ходового устройства 14.

Описанный выше и показанный на рис. 2.46 и 2.47 агрегат самоходный мелиоративный АСМ также относится к многоцелевым машинам, так как его основными видами рабочего оборудования являются очистной уширенный поворотный ковш обратной лопаты, ковш решетчатый уширенный, грабли мелиоративные, косилка сегментная, косилка сегментная с дополнительным устройством для окашивания дна канала, косилка роторная. Причем на агрегат одновременно может быть навешено до трех рабочих органов. В перспективе планируются доработка машины и увеличение набора сменных органов.

К машинам со сменными рабочими органами можно отнести и описанные выше машины «Waterking» и «Watermaster».

3. МАШИНЫ ДЛЯ СКАШИВАНИЯ И УДАЛЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ИЗ КАНАЛОВ

3.1. Уход за травяным покровом каналов

Крепление откосов земляных каналов производится покрытием луговым дерном, торфяными коврами, синтетическими коврами с высеваемыми в них семенами трав, гидравлическим или механическим посевом трав. Предпочтительными для укрепления откосов являются рыхлокустовые злаковые, корневищевые злаковые, корневищевозлаковые, стержнекорневые бобовые травы или, как правило, их смеси. Из числа рыхлокустовых обычно используются тимофеевка луговая, овсяница луговая, райграс пастбищный, мятлик болотный, из корневищевых – костер безостый, канареечник тростниковидный, полевица белая, из корневищевых-рыхлокустовых – овсяница красная, мятлик луговой, лисохвост луговой, из стержнекорневых бобовых – клевер красный и розовый.

Откосы и бермы каналов желательно использовать как площади для получения кормовых трав, поэтому травы мульчируют, подкармливают, орошают и скашивают. Однако постепенно среди кормовых трав появляются сорняки – ромашка пахучая, осот, молочай, сурепка, пырей, гумай, свинорой, тростник, осока, рогоз, роголистник, рдест и др. Появляющиеся одиночные сорные растения удаляются вручную. При массовом появлении сорняков применяется подкашивание неразвитых растений или их химическая обработка гербицидами избирательного или сплошного действия. Обработка ведется в сухую теплую безветренную погоду при начальной стадии развития сорняков. Из экологических соображений обработку на строящемся канале производят не менее чем за 4 месяца до ввода его в эксплуатацию. На эксплуатируемом канале работы после обработки биологически жесткими гербицидами можно вести не ранее чем через 3 месяца.

Гербициды обычно выпускаются в виде порошков или гранул. Для рассеивания гербицидов применяются приспособленные сельскохозяйственные сеялки или разбрасыватели. Если предусмотрено предварительное растворение гербицидов и использование их в жидком виде, то применяются опрыскиватели.

Растительность, произрастающую на мелиоративных объектах, можно разделить на травянистую мягкостебельную и грубую, а также древесно-кустарниковую. Древесно-кустарниковая растительность по рекомендациям Белмелиоводхоза в зависимости от диаметра ствола делится на поросль, кустарник, мелколесье и лес. К поросли относится древесно-кустарниковая растительность высотой до 1,5 м и диаметром стебля на уровне корневой шейки до 2 см, к кустарникам – с диаметром стебля 2...7 см, к мелколесью – 7...11 см, к лесу – свыше 11 см.

Нельзя допускать появления поросли и развития кустарниковой растительности. Появляющиеся растения следует незамедлительно вручную удалять вместе с корневой системой. Сильно заросшие каналы обрабатывают с целью удаления растительности, применяя соответствующие средства механизации работ.

3.2. Назначение и классификация машин для скашивания и удаления растительности

Машины данной группы *предназначены* для срезания травянистой растительности и кустарниковой поросли и растительности на бермах, откосах и дне каналов, извлечения ее из каналов или уничтожения непосредственно в канале. Некоторые специальные виды машин и рабочих органов могут использоваться для срезания кустарника, мелколесья и обрезки ветвей деревьев лесозащитных полос мелиоративных систем. Кроме того, обработка откоса канала сходна с обработкой откоса дамбы, дороги или грунтовой плотины, поэтому эти машины зачастую используются на всех перечисленных объектах.

В подавляющем большинстве данные машины относятся к машинам непрерывного действия с активными рабочими органами.

Классифицировать их можно следующим образом.

По технологическому назначению машины делятся на косилки, подборщики срезанной растительности, косилки-подборщики, плавучие комбайны, косилки-измельчители, опрыскиватели, машины для электроискрового угнетения растительности, ручные косилки, обрезчики ветвей.

По типу воздействия на растительность – механического, химического и электроискрового действия.

По виду базовой машины – навешенные на трактор колесный, трактор гусеничный, мотоблок, автомобиль, специальное колесное шасси, катер, мотобот, понтон.

По месту навешивания рабочего органа – с фронтальной, передней боковой, боковой, задней боковой и задней схемой навешивания, а также навешенные на дополнительную опору, поворотную платформу или поворотную колонку.

Данный классификационный признак применительно к тракторным косилкам пояснен на рис. 3.1.

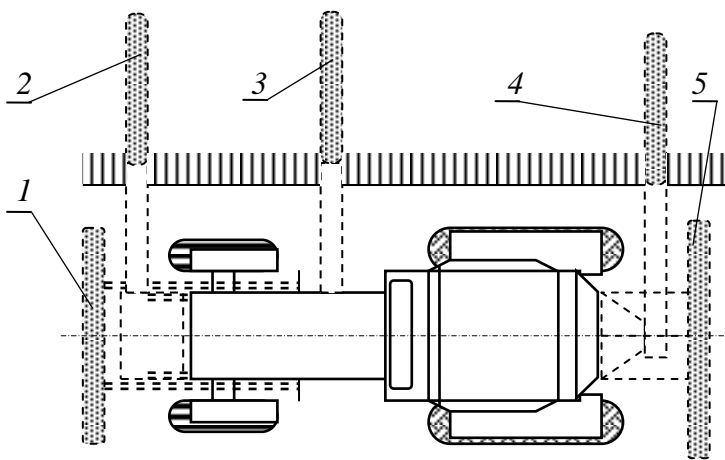


Рис. 3.1. Варианты мест навешивания косилочного оборудования:
1 – фронтальное; 2 – переднее боковое; 3 – боковое; 4 – заднее боковое; 5 – заднее.

Зоной их передвижения могут быть берма, откос, берма и откос, берма и дно, откос и дно, два откоса, русло канала (плавучие).

По обрабатываемому элементу поперечного сечения канала – для обработки бермы, откоса, дна, откоса и дна, полнопрофильные.

Косилки по типу режущего аппарата делятся на косилки с сегментным (двухножевым или беспальцевым), сегментно-пальцевым, стреловидным, с волочащейся косой, ротационным с роторным (дисковым), цепным или с барабанным режущим аппаратом и др.

Сегментные и сегментно-пальцевые *по форме режущего бруса* бывают с прямым, изогнутым, Т-, П- и U-образным брусом.

Роторные могут быть одно-, двух-, трех- и многороторными с цепными, поворотными (бильными), жестко закрепленными ножами и гибкими элементами (лесками).

По виду взаимодействия режущих элементов со срезаемой растительностью косилки делятся на косилки безопорного (рубящего, ударного или инерционного), опорного и ударно-скользящего действия.

Средства для удаления скошенной растительности делятся на инерционные, шнековые, пневматические, грабельные цепные, грабельные роторные, ковшовые, грейферные, ковши-косилки, шнеки-косилки.

3.3. Устройство и работа косилок с сегментными и сегментно-пальцевыми режущими аппаратами

Одними из часто применяющихся на косилках режущих аппаратов являются *сегментно-пальцевые*. Они могут иметь механический привод от ВОМ или гидравлический – от гидромотора. Конструктивная схема рабочего оборудования сегментно-пальцевой косилки с гидроприводом показана на рис. 3.2.

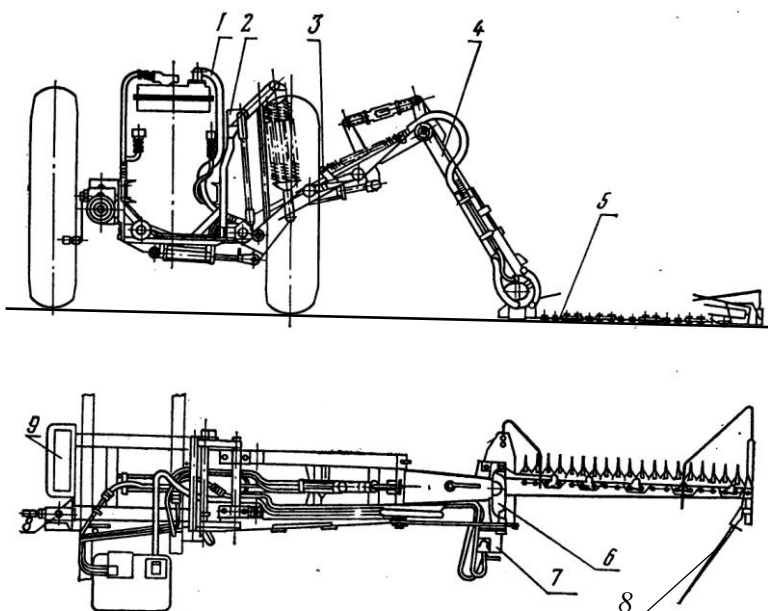


Рис.3.2. Схема рабочего оборудования сегментно-пальцевого режущего аппарата.

Оно состоит из гидросистемы 1, системы управления 2 и 3, стрелы 4, режущего аппарата 5 с редуктором привода 6 и гидромотором 7. Для образования валка срезанной растительности режущий аппарат может

быть снабжен полевым делителем 8. Оборудование навешивается на трактор посредством рамы 9.

Продольный разрез по пальцу режущего аппарата косилки приведен на рис. 3.3.

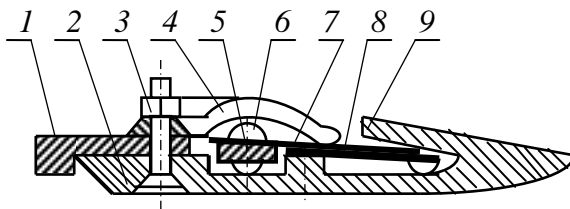


Рис.3.3. Разрез рабочего оборудования сегментно-пальцевого режущего аппарата.

Основой режущего аппарата является брус 1, к которому крепятся пальцы 2 с противорежущими ножами 8, защищенными пером 7 пальца. Противорежущие ножи также называют противорежущими пластинами, или вкладышами. Вдоль бруса установлена подвижная спинка 5 с прикрепленными к ней заклепками 6 режущими сегментами 7. Для обеспечения прижатия режущих сегментов к противорежущим ножам служат прижимы 4, упруго прикрепленные к брусу болтами 3. Спинка соединена с приводом и в процессе работы вместе с сегментами совершает возвратно-поступательные движения. Пальцы упорядочивают процесс резания и защищают режущие сегменты от крупных посторонних предметов.

Сегменты движутся с большой частотой (до 500 двойных ходов в минуту), вызывая сильные инерционные нагрузки в рабочем органе. Этому недостатка лишен *сегментный двухножевой режущий аппарат*, у которого сегменты совершают встречно или противоположно направленные возвратно-поступательные движения, взаимно уравновешивающие силы инерции (рис. 3.4). Кроме того, он имеет возможность работать с повышенными поступательными скоростями, что почти в два раза позволяет увеличить производительность косилки с подобным аппаратом.

Привод аппаратов обеспечивается от ВОМ или от гидромотора через планетарный или кривошипно-шатунный механизм с различными вариантами конструкций трансмиссий его привода. Их схемы приведены на рис. 3.5.

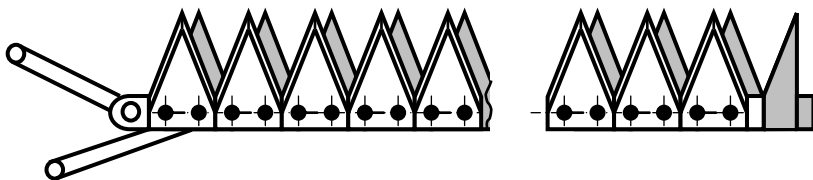


Рис.3.4. Схема сегментного двухножевого режущего аппарата.

При использовании планетарного привода режущее полотно 5 (рис. 3.5,а) приводится в действие шатуном 4, совершающим возвратно-поступательное движение, благодаря тому, что делительный диаметр сателлита 3, приводимого во вращение кривошипом 2, в два раза меньше делительного диаметра корончатого колеса 1. Величина хода ножей равна двум радиусам кривошипа или диаметру сателлита.

У сегментного с кривошипным приводом (рис. 3.5,б) шатун совершает сложное колебательно-возвратно-поступательное движение. Величина хода ножей равна двум радиусам кривошипа.

У сегментного с вилкой и кривошипом (рис. 3.5,в) вращающийся диск 8 вращает вал вилки 6. При этом происходит колебание относительно вертикальной оси вала 7. С ним связан шатун 4, который и обеспечивает возвратно-поступательное движение сегментов 5.

Сегментный двухножевой с кривошипным приводом (рис. 3.5,г) работает аналогично сегментному с кривошипным приводом, но верхние и нижние сегменты перемещаются одновременно в противофазе.

У сегментного двухножевого с кривошипно-кулисным приводом (рис. 3.5,д) ножи перемещаются кулисами 9, которые в противофазе совершают колебательные движения под воздействием шатунов 4, приводимых в движение кривошипами 2. Величина хода сегментов зависит от соотношения длин кривошипов и мест крепления шатунов к кулисам.

Приведенные на рис. 3.5,а, б, в, г являются аппаратами с центральным приводом. К ним относятся приводы, у которых ось спинки (ползуна) пересекает центр вращения кривошипа. Для некоторого увеличения хода ножей и соответственно их скорости до 10% центр вращения кривошипа может быть смещен на 7...8 радиусов кривошипа. Такое смещение называется дезаксиалом, а привод – дезаксиальным.

Одним из вариантов привода мелиоративной сегментно-пальцевой косилки является приведенный на рис. 3.5,в.

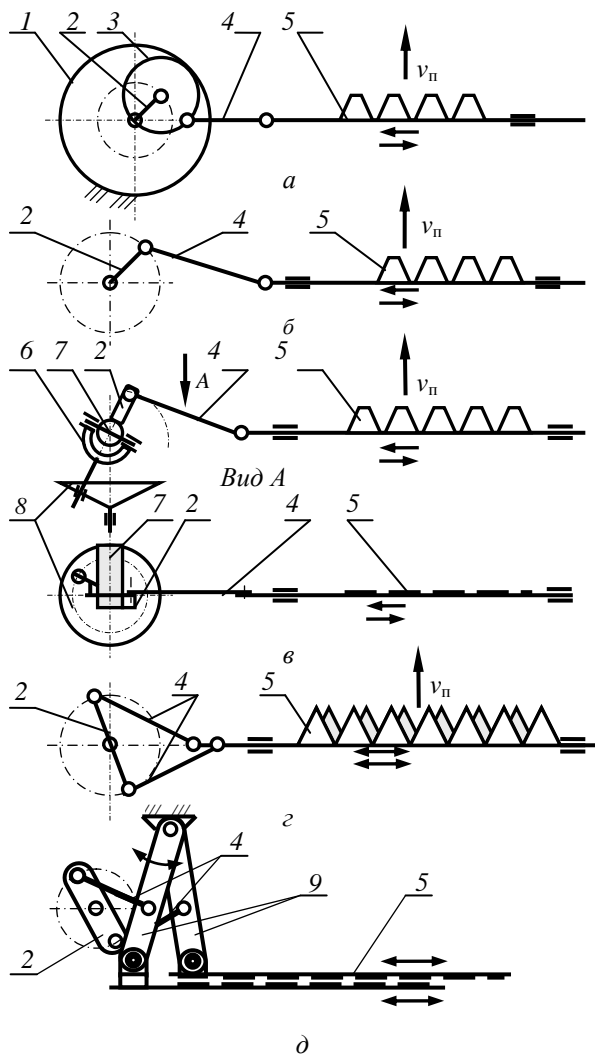


Рис. 3.5. Кинематические схемы сегментных режущих аппаратов:
 а – сегментного с планетарным приводом; б – сегментного с кривошипным приводом; в – сегментного с вилкой и кривошипом; г – сегментного двухножевого с кривошипным приводом; д – сегментного двухножевого с кривошипно-кулисным приводом.

Конструкция варианта привода по рис. 3.5, в показана на рис. 3.6.

Режущий аппарат приводится в действие от гидромотора 21, установленного в стакане 22. Вал гидромотора 1 опирается на подшипники 2. На шлицах вала гидромотора установлен диск 3, с которым связана вилка 18, шарнирно соединенная с вертикальным валом 7, установленным в подшипниках 8, которые накрыты крышкой 6. На нижний конец вала насажен кривошип 17, зафиксированный штифтом 16. Механизм привода смонтирован в корпусе 4, смазываемом маслом, заливаемым через пробку 5. При необходимости масло может быть слито через отверстие, закрытое пробкой 19. С навеской аппарат связан пальцем 9 со штифтом 10.

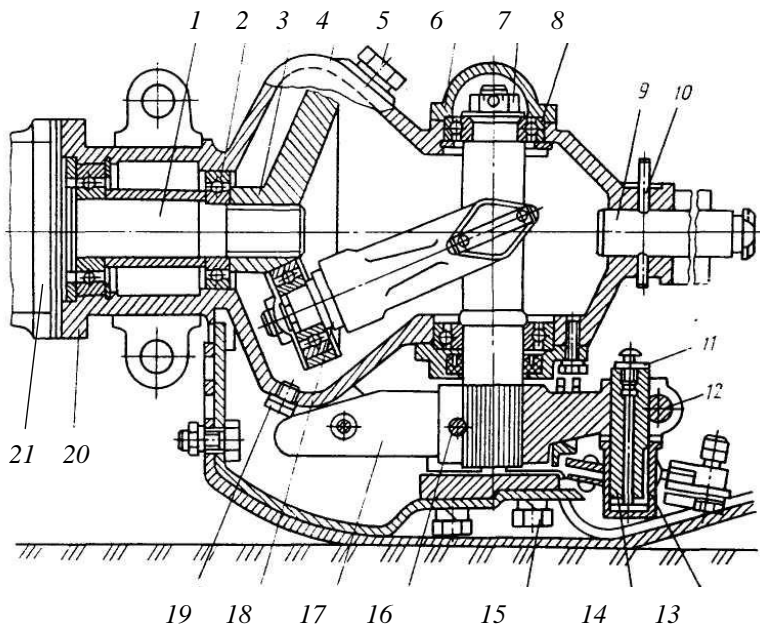


Рис. 3.6. Конструкция привода с вилкой и кривошипом сегментного аппарата.

Вращение вала гидромотора приводит к вращению диска, вилки и поворотным движениям вертикального вала и колебательным движениям кривошипа с пальцем 14, входящим в цапфу 13, связанную с ножевым полотном. Палец в кривошипе зажимается винтом 12. Смазывание соединения пальца с цапфой производится маслом, нагнетаемым через масленку 11. Соединение привода с опорой производится болтами 15.

Основные варианты исполнения присоединения спинки сегментно-пальцевого режущего аппарата к приводу показаны на рис. 3.7. Присоединения с горизонтальными осями (рис. 3.7,а и б) могут использоваться с кривошипно-кулисным приводом, присоединение с вертикальной осью (рис. 3.7,г) – с остальными, а присоединение с шаровым элементом (рис. 3.7,в) является универсальным.

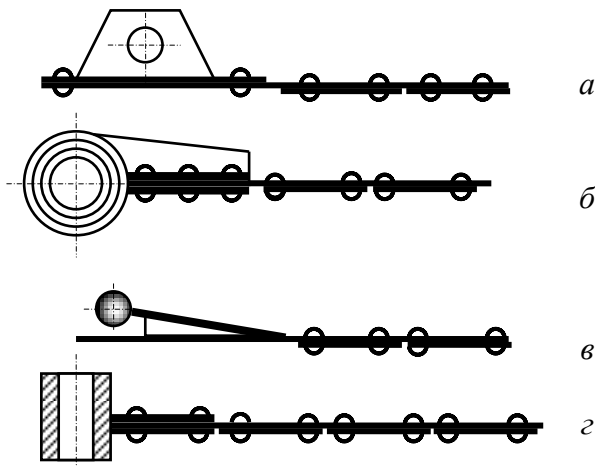


Рис. 3.7. Основные варианты исполнения присоединения спинки режущего аппарата к приводу: а – с кронштейном с горизонтальной осью; б – с подшипником с горизонтальной осью; в – с шаровым соединением; г – с подшипником с вертикальной осью.

Для комплектования режущих аппаратов используются различные *типы сегментов*: с гладкой режущей кромкой (рис. 3.8,а), с рифленой режущей кромкой (рис. 3.8,б) и с режущей кромкой с зубуринами (рис. 3.8,в). Сегменты с гладкой режущей кромкой проще в изготовлении и легко затачиваются при затуплении лезвия, но сегменты с рифленой режущей кромкой и с режущей кромкой с зубуринами дают лучшее качество среза.

Основные варианты исполнения *противорежущих пластин* (вкладышей) сегментно-пальцевого режущего аппарата показаны на рис. 3.9. Их режущая кромка может быть гладкой или, что чаще, рифленой. К пальцу они крепятся посредством выступа, имеющегося в передней части пластины, и винта, для чего в пластине сделано отверстие, или двух винтов.

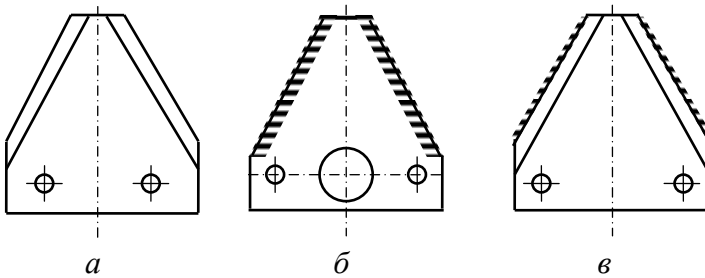


Рис.3.8. Основные варианты исполнения сегментов сегментно-пальцевого режущего аппарата: а – с гладкой режущей кромкой; б – с рифленой режущей кромкой; в – с режущей кромкой с зубчиками.

При относительно небольших окашиваемых площадях могут использоваться конные косилки, обычно имеющие ширину захвата около 1,1 м. Привод режущего аппарата у них осуществляется механической трансмиссией от вала колес косилки.

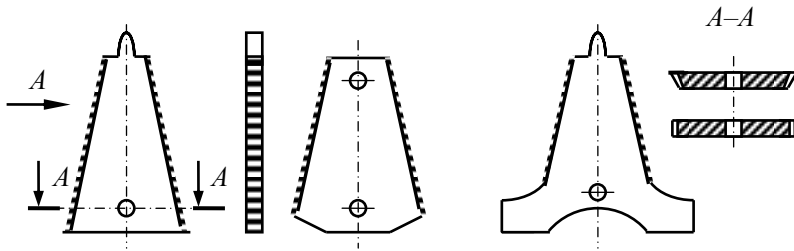


Рис. 3.9. Основные варианты исполнения противорежущих пластин (кладышей) сегментно-пальцевого режущего аппарата.

Для окашивания бермы канала и других горизонтальных поверхностей может применяться фронтальная косилка, навешиваемая на мотоблок или колесный трактор. Компонировочная схема фронтальной косилки на тракторе показана на рис. 3.10.

В связи с большим расстоянием от рабочего органа до заднего ВОМ привод у режущего 11 аппарата гидравлический, питающийся от насосной станции 1, с навеской 2. Станция приводится в действие валом отбора мощности 16 трактора 3. Рабочее оборудование навешивается на лонжероны 15 рамы трактора посредством кронштейнов 4. Навеска рабочего органа состоит из тяг 5, 8, 12, рычагов 6, 9, кронштейнов 13, рамы 10, гидроцилиндров 7, 14. Привод режущего аппарата обеспечивается гидромотором 17.

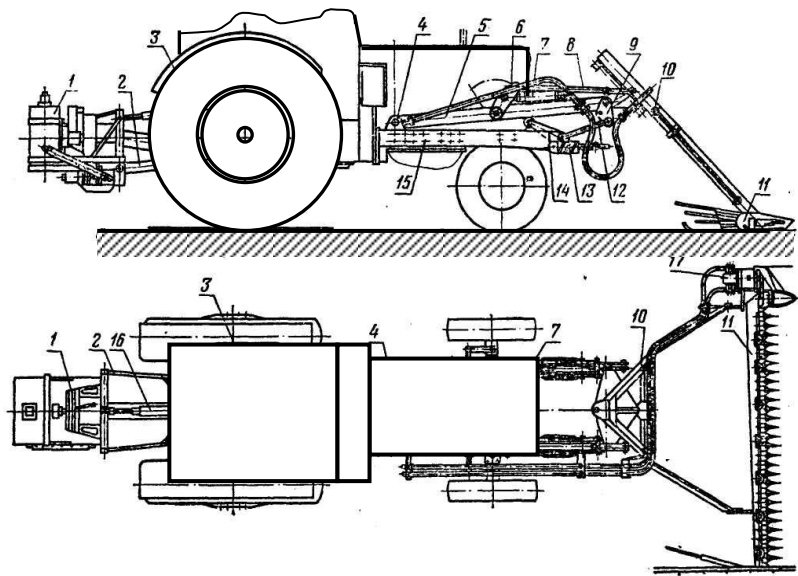


Рис. 3.10. Схема косилки с фронтальным рабочим органом.

Для одновременного окашивания откоса и дна канала предназначены косилки с изогнутым двухножевым режущим аппаратом. Общий вид варианта такой косилки, выпускаемой фирмой Verku, показан на рис. 3.11. Подобный навешиваемый сбоку сменный рабочий орган к каналоочистителю ОКН выпускается Кохановским экскаваторным заводом.

Схематически рабочий орган показан на рис. 3.12. Он состоит из основного прямого режущего бруса 6 и изогнутого участка 7. Режущий аппарат в рабочем положении опирается на колесо 1 и лыжу 5 и приводится в действие от гидромотора 2 посредством редуктора 4, обеспечивающего преобразование вращательного движения вала гидромотора в возвратно-поступательное движение ножей. С рукоятью навески режущий аппарат соединяется посредством узла присоединения 3.

Конструкция режущего полотна косилки с изогнутым двухножевым режущим аппаратом показана на рис. 3.13. Оно состоит из элемента 1 соединения с приводом кронштейна 2, сегментов 3, прикрепленных заклепками 4 к спинке 5. В группе ножей (сегментов) один из них снабжен цапфой 6 для обеспечения связи с приводом.



Рис. 3.11. Косилка с изогнутым двухножьевым режущим аппаратом.

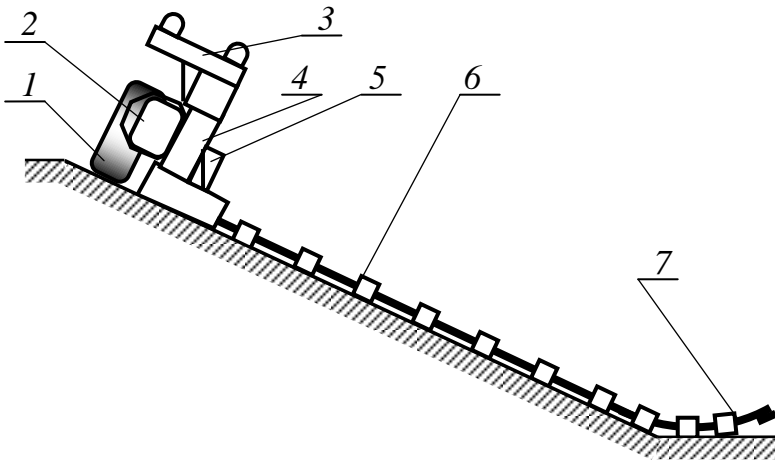


Рис. 3.12. Схема рабочего органа косилки с изогнутым режущим аппаратом.

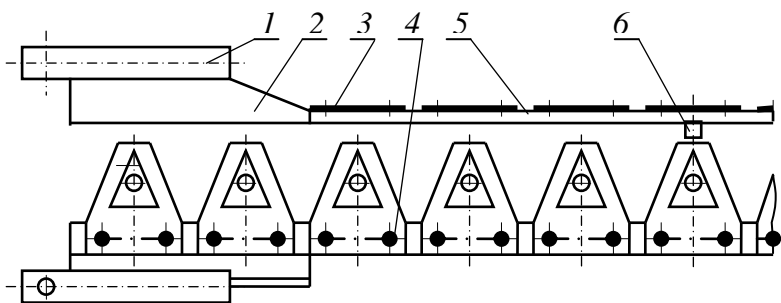


Рис. 3.13. Схема спинки косилки с изогнутым режущим аппаратом.

Форма сегментов, позволяющая установить в них цапфы, показана на рис. 3.14.

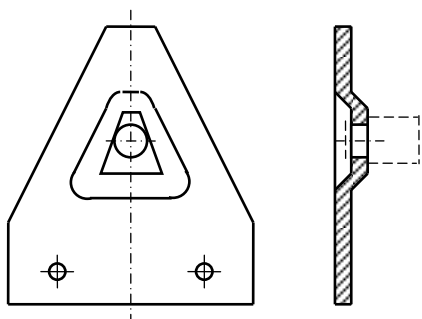


Рис. 3.14. Схема ножа косилки с двухножевым режущим аппаратом.

Механизм перемещения сегментов двухножевого режущего аппарата показан на рис. 3.15. Здесь приведен разрез по нижнему шатуну и по плоскости, проходящей между сегментами и шатунами. Механизм имеет кривошипно-кулисный привод, перемещающий верхний 6 и нижний 7 ножевые полотна (спинки с прикрепленными к ним сегментами). Привод заставляет посредством тяг колебаться опоры 1, к которым крепятся нижний 3 и верхний 5 шатуны. Шатуны устанавливаются на каждом пятом сегменте. Основой аппарата является брус, состоящий из двух полос 2, стянутых болтами 4. Ножевые полотна прижимаются друг к другу упругими элементами 9 и 10. При необходимости верхнее полотно может быть поднято. Взаимная фиксация элементов обеспечивается штифтом 8.

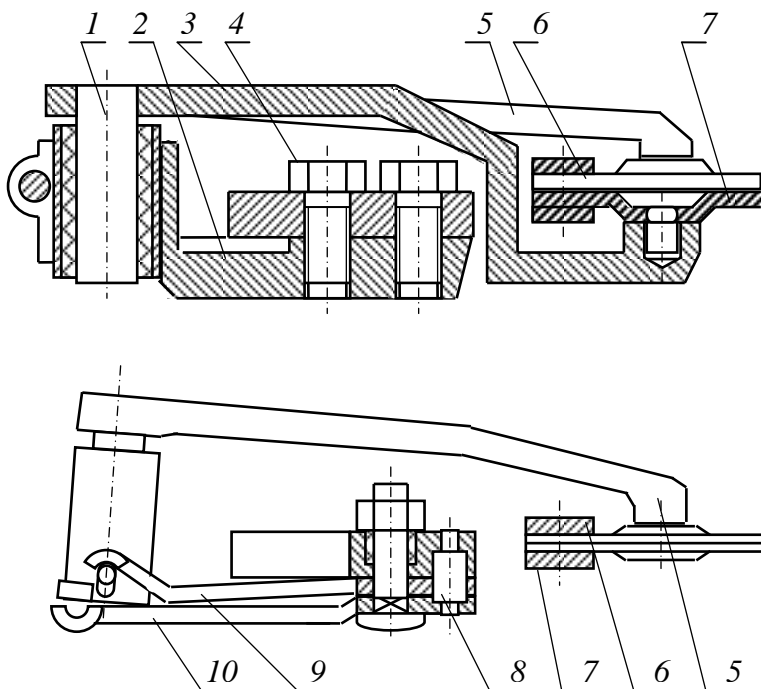


Рис. 3.15. Схема привода сегментного двухножевого режущего аппарата.

Технические данные косилок приведены в табл. 3.1.

Фирма «Беркенхегер» выпускает сменное рабочее оборудование, предназначенное для полнопрофильного окашивания каналов. Оно представляет собой два изогнутых сегментных режущих аппарата, устанавливаемых на самоходное колесное внутриканальное шасси. Машина одновременно окашивает оба откоса и дно канала и, кроме того, может быть оснащена грабельным аппаратом для удаления скошенной растительности за пределы канала.

При срезании грубой травяной растительности, стеблей кустарников или ветвей деревьев, что, например, имеет место при обрезке лесозащитных полос или шпалер, защемленный между режущими элементами стебель может выдавливаться вперед из зоны срезания. Этому недостатка лишены рабочие органы, представленные на рис. 3.16. Здесь (рис. 3.16,а) показан рабочий орган, режущие сегменты 1 которого прикреплены к спинке 3, совершающей возвратно-поступательные движения. Противорежущие элементы 2 неподвижны. Срезание стеб-

лей происходит при зажимании их между режущими кромками сегментов и противорежущих элементов. Благодаря форме режущих элементов, рабочие участки режущих кромок почти параллельны друг другу, что предотвращает выталкивание стеблей. Такой аппарат срезает ветви диаметром до 30 мм.

Т а б л и ц а 3.1. Технические характеристики сегментно-пальцевых косилок

Показатели	КФ-1,3	КС-Ф-2,1Б	КБС-2400	ККД-1,5	РР-22	КДП-4
Тип	Фронтальная однобрусная	Однобрусная навесная боковая	Однобрусная навесная боковая с изогнутым бруском	Однобрусная навесная	Однобрусная навесная	Двухбрусная полунавесная
Агрегируется с тракторами класса	Мотоблок 0,1	0,6...1,4	1,4 (К-78М)	0,9...1,4	0,9...1,4	0,9...1,4
Габариты (с трактором), мм:		Т-25А	МТЗ-82	МТЗ-80	МТЗ-80	МТЗ-80
длина	970	4320	–	3815	–	4350
ширина	1350	3910	–	3100	–	6050
высота	340	2500	–	2485	–	2470
Масса, кг	80	250	95	533	406	670
Минимальная высота среза, мм	–	60	50	6,4...13,8	9,3...13,8	60
Шаг пальцев, мм	–	76,2	–	76,2	76,2	76,2
Ширина захвата, м	1,3	2,1	2,4	1,5	2,1	4,0
Рабочая скорость, км/ч	2,5	До 12	2,37...7,0	0,9...2,5	0,9...2,5	До 9
Производительность за час основной работы, га	0,3	До 2,5	0,3...0,7	0,21	0,3...0,34	3,6

На рис. 3.16,б показана *схема цепного режущего аппарата*, у которого подвижные сегменты 6 прикреплены к цепи 5, перемещающейся по раме 1. Срезание происходит при защемлении стебля между сегментом 6 и неподвижной противорежущей частью 4, имеющей клиновидный выступ, предотвращающий выталкивание стебля.

У *режущего аппарата* (рис. 3.16,в) с качающимися овальными режущими элементами 9 срезание происходит при защемлении стебля между этими элементами и противорежущими частями 11. Качение элементов на осях 7 обеспечивается возвратно-поступательным движением ползуна 10 и связанными с ним подшипниками 8. Данные аппараты срезают стебли и ветви толщиной до 20...25 мм.

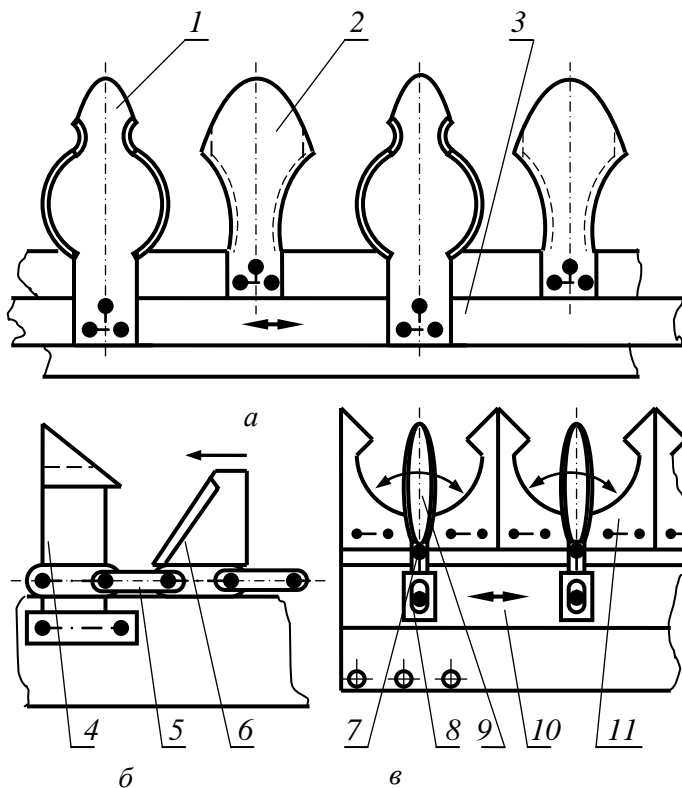


Рис. 3.16. Схемы рабочих органов косилок для срезания грубой растительности: а – с возвратно-поступательным движением ножей; б – цепной с поступательным движением ножей; в – с колебательным движением ножей.

Большее распространение благодаря относительно простому устройству получили так называемые *ножницы-кусторезы*. На рис. 3.17 показана консоль режущего аппарата и вид аппарата в работе при его вертикальном положении. По нижней неподвижной части 1 возвратно-поступательно перемещается посредством гидромотора подвижное режущее полотно 2. Его движение ограничивается штифтами 3. Выталкивание стеблей предотвращается формой ножей.

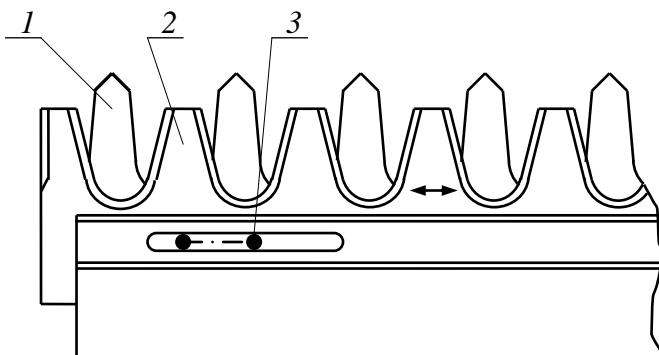


Рис. 3.17. Схема режущего аппарата ножниц-кустореза.

Ножницы-кусторез НК-2200 навешиваются на трактор МТЗ-82, имеют ширину захвата 2,2 м, частоту ходов ножа – один в секунду, диаметр срезаемых стволов – 80 мм, высоту среза – 10 м, производительность – 0,5 га/ч. Масса рабочего органа – 280 кг.

При работе они могут занимать положения, указанные на рис. 3.18.

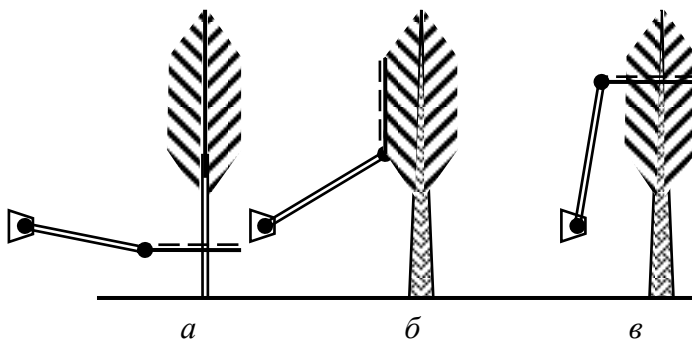


Рис. 3.18. Используемые положения рабочего оборудования кустарниковых косилок.

Положение рис. 3.18,а соответствует обработке горизонтальных или пологонаклонных площадей, рис. 3.18,б – вертикальной обрезке придорожных полос, живых изгородей, защитных лесополос, рис. 3.18,в – горизонтальной обрезке живых изгородей. В последних двух случаях высота обрезки зачастую достигает более 6 м.

На рис. 3.19 показаны ножницы-кусторез, навешенные на автомобиль. Особенностью их является возможность поперечного перемещения оборудования.



Рис. 3.19. Ножницы-кусторез на базе автомобиля.

3.4. Устройство и работа косилок с ротационными режущими аппаратами

3.4.1. Однороторные косилки

Наиболее распространенными аппаратами, применяющимися при окашивании откосов каналов, являются *роторные аппараты с осью вращения ротора, перпендикулярной откосу*. Они срезают растительность роторами-дисками с жестко или шарнирно закрепленными ножами.

Ротор ударного резания с жестко прикрепленными режущими элементами изображен на рис. 3.20,а.

На рис. 3.20,б показан ротор, состоящий из тарельчатого диска и жестко закрепленных на нем сегментных ножей. Ротор также работает по принципу ударного, или инерционного, резания.

Ротор ударно-скользящего резания показан на рис. 3.20,в. В отличие от ротора ударного резания (рис. 3.20,а) он вращается в противоположном направлении и имеет другое расположение режущих кро-

мок, выполненных по спирали Архимеда. Срезание растений происходит в результате скольжения режущей кромки по упругому стеблю.

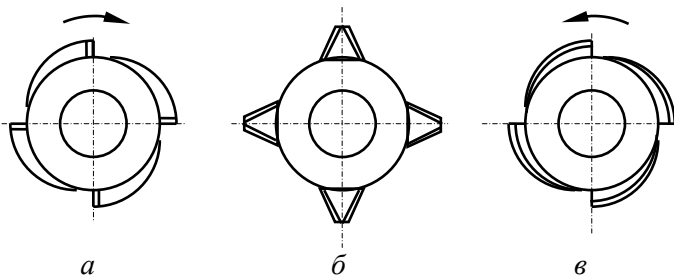


Рис. 3.20. Схемы рабочих органов роторных косилок: а – ударного резания с жестко прикрепленными элементами; б – ударного резания с сегментными элементами; в – ударно-скользящего резания.

Однороторный двухножевой рабочий орган с ножами 1, шарнирно установленными на серьгах 2 траверсы, показан на рис. 3.21. Рабочий орган навешивается сбоку на трактор посредством стрелы 6 и приводится в действие от ВОМ или гидромотора посредством редуктора 3 и служит для срезания за счет сил инерции и сил упругости грубостебельных растений, в основном кустарника. Для защиты машины от срубаемой растительности служит кожух 4, который может быть накрыт стальной сеткой.

Наличие сетки на кожухе режущей траверсы обеспечивает достаточную безопасность работы, не мешая водителю вести визуальное наблюдение за работой ножей. К стреле может крепиться опорная тарелка. Она позволяет режущему аппарату сохранять постоянный клиренс 0,3 м.

Сходным по назначению и принципу действия является *однороторный четырехножевой рабочий орган с жестко закрепленными ножами*. На рис. 3.22 показан общий вид косилки КР-1,3 с таким рабочим органом.

Схематически четырехножевой рабочий орган показан на рис. 3.23.

Рабочий орган служит для срезания травы и грубостебельных растений, в основном кустарника. Ротор 11 представляет собой пространственную конструкцию из полосовой стали. Режущими элементами являются жестко прикрепленные к нему зубчатые ножи 10. Рабочий орган посредством стрелы с рукоятью 4 навешивается на трактор и приводится в действие гидромотором 9. Для повышения удобства в работе рукоять выполнена телескопической. Изменение ее длины производится гидроцилиндром 2. Во вращение ротор приводится гидромотором 9, к которому подается рабочая жидкость по шлангам 3.

Утечки ее из гидромотора отводятся по дренажному шлангу 7. Гидромотор защищен от возможного столкновения с растительностью ограждением 8.

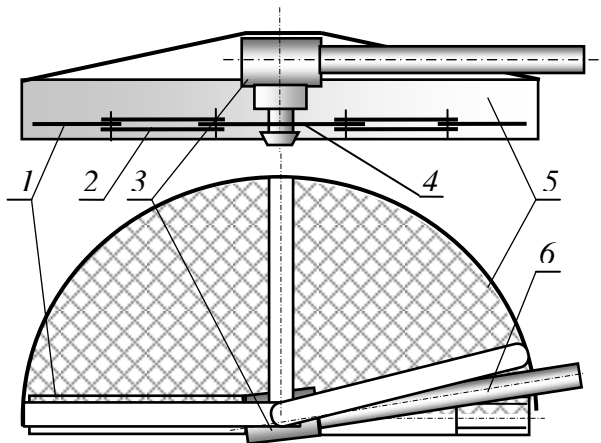


Рис. 3.21. Схема однороторной двухножевой косилки.



Рис. 3.22. Однороторная четырехножевая косилка КР-1,3.

Для защиты персонала и трактора от срубаемой растительности служит кожух, состоящий из цепного фартука 13, задней 12 верхней 5 частей, выполненных из листовой стали, и верхней части 1, выполненной из стальной сетки. Предохранение ротора от возможного попадания под кожух крупных растений осуществляется защитной дугой 6.

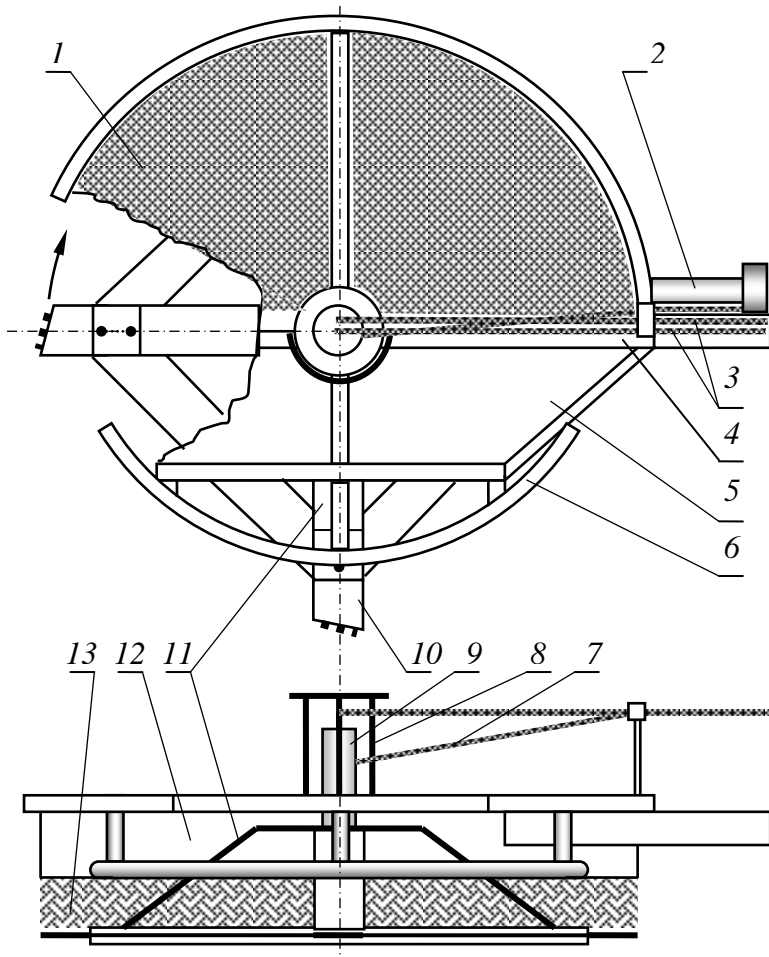


Рис. 3.23. Схема однороторной четырехножевой косилки КР-1,3.

Срезание растительности таким ротором осуществляется по принципу ударно-скользящего резания. Для повышения эффективности срезания кустарника режущая кромка ножей изготовлена зубчатой. Форма ножей для срезания кустарника показана на рис. 3.24.

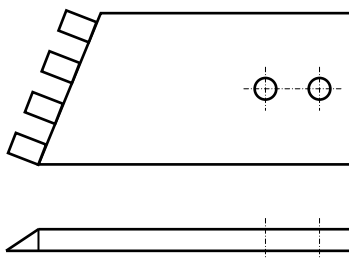


Рис. 3.24. Схема ножа косилки КР-1,3.

Общий вид рабочего органа косилки показан на рис. 3.25.



Рис. 3.25. Вид рабочего органа однороторной четырехножевой косилки КР-1,3.

Цепной рабочий орган (рис. 3.26) срубает растительность благодаря высокой окружной скорости. Причем звенья, расположенные параллельно окашиваемой поверхности, срубают растительность, а сорие-

тированные перпендикулярно выбрасывают ее за пределы канала. В связи с этим противоположно установленные цепи имеют звенья, расположенные так, чтобы за срубающим звеном предыдущей цепи следовало выбрасывающее звено последующей цепи.

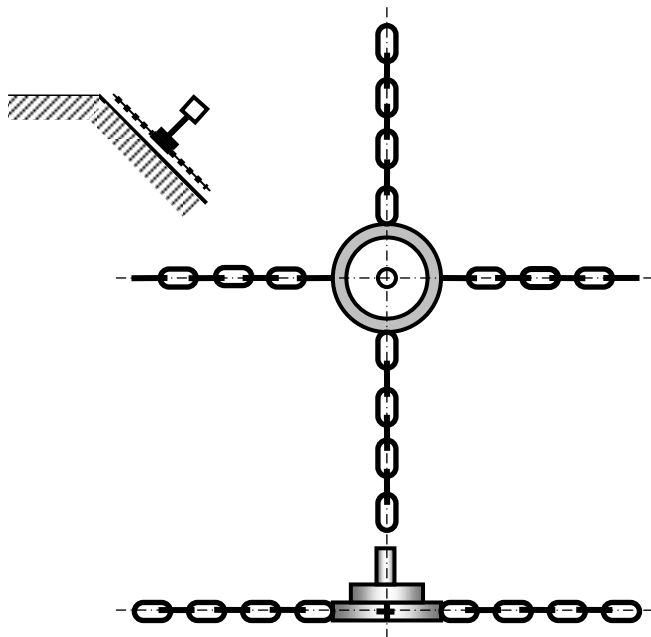


Рис. 3.26. Цепной рабочий орган.

Общее устройство *рабочего оборудования однороторной косилки*, работающей по полунавесной схеме, т.е. опирающейся на окашиваемую поверхность, показано на рис. 3.27.

Рабочее оборудование на базовый трактор навешивается посредством основной рамы 10. К ней крепится рама рабочего органа 8, к которой, в свою очередь, с помощью пальцев 6 шарнирно присоединяется рукоять 5.

Соединение рукояти с ротором 2 осуществляется шаровым шарниром 4, позволяющим лыжам 13 с ротором копировать неровности откоса. Привод ротора осуществляется от гидромотора 12 через цилиндрический редуктор 3 и вал 11. Ротор накрыт кожухом 1, защищающим диск и ножи и обеспечивающим требуемое направление выброса срезанной растительности.

Подъем и опускание рабочего органа производится гидроцилиндрами 7 и 9. В транспортном положении рабочий орган зафиксирован.

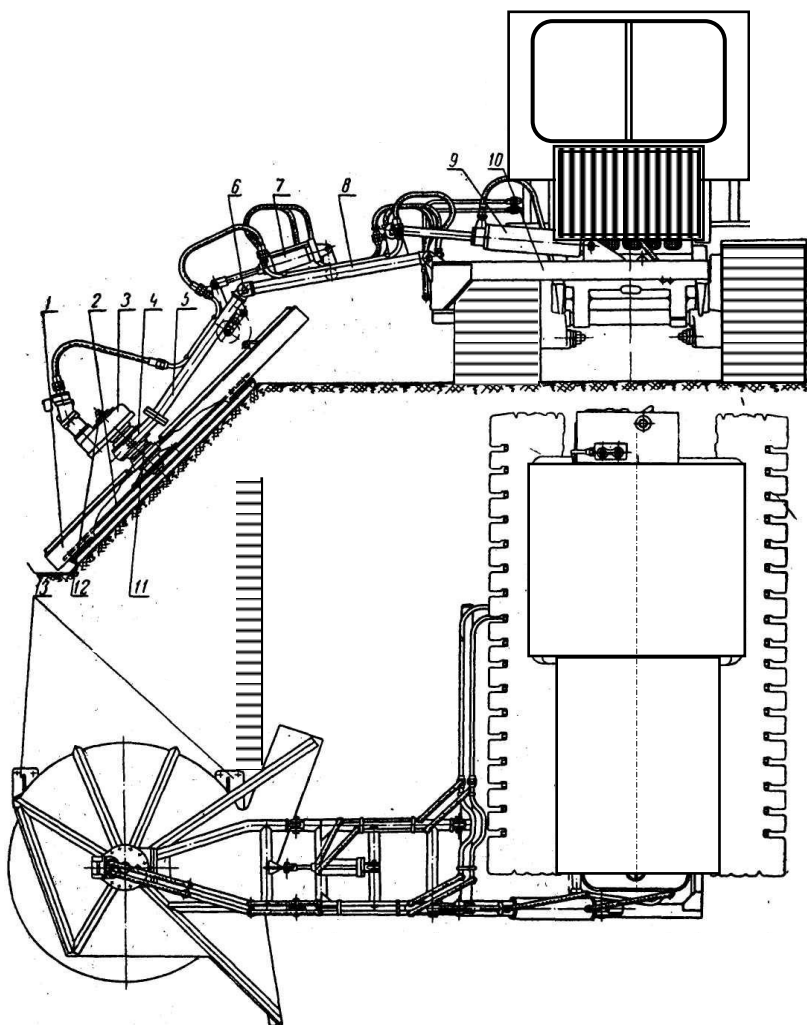


Рис. 3.26. Общее устройство однороторной полунавесной косилки.

Существует однороторный рабочий орган Л-502Д с дисковым рабочим органом и механическим приводом от ВОМ трактора. Рабочий орган имеет тарельчатую опору, ременной привод и дисковый ротор с четырьмя шарнирно прикрепленными к нему ножами.

Технические данные однороторных косилок приведены в табл. 3.2.

Т а б л и ц а 3.2. Технические характеристики однороторных косилок

Показатели	КР-1,3	КТН-1,3М	Л-502 Д	КРЛ-2,0
Агрегатирование	Навесная боковая задняя	Навесная боковая задняя	Полу-навесная боковая задняя	Навесная боковая задняя
Базовый трактор тягового класса	0,9...1,4	0,9...1,4	1,4	1,4...3
Ширина захвата, м	1,3 (кустарник) или 1,5 (трава)	1,3 (кустарник) или 1,5 (трава)	0,85...0,95	2
Рабочая скорость, км/ч	2...10	До 2 при срезании одиночных; до 5,5 при срезании кустарника; до 8 при срезании травы	До 8	До 15
Производительность, га/ч	–	–	0,74	5...9
Диаметр стволов срезанного кустарника, см	8	8	–	До 15
Минимальная высота среза, см	–	–	3...6	4...200
Частота вращения ротора, мин ⁻¹	800	1600...1800	1900	750...900
Мощность на привод ротора, кВт	–	–	–	15
Масса рабочего органа, кг	420	420	320	520+380
Габариты (с трактором), мм:	МТЗ-80	МТЗ-80	Без трактора	МТЗ-80
длина	5300	4400	2790	–
ширина	2000	2000	1050	–
высота	1150	1150	1150	–

3.4.2. Двухроторные косилки

Двухроторный режущий аппарат с наложенными роторами (рис. 3.28) предназначен для срезания растительности под водой. При срезании подводной части растений обеспечить высокую скорость достаточно сложно, поэтому у данной косилки верхний и нижний роторы вращаются навстречу друг другу, захватывают, заземляют и срезают растительность.

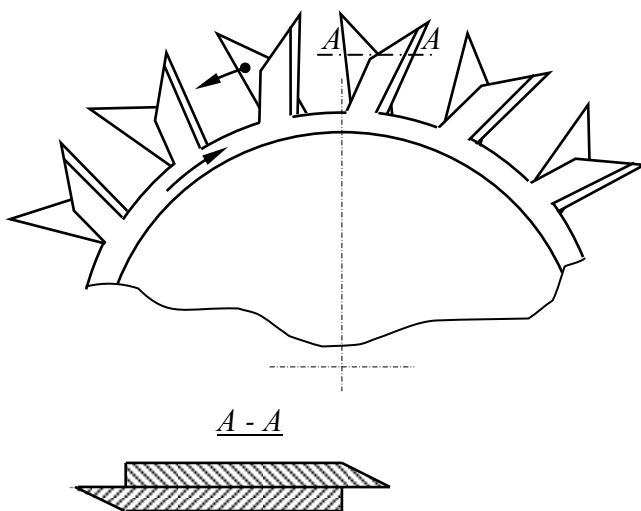


Рис. 3.28. Схема двухроторной косилки с наложенными роторами.

Роторные рабочие органы обычно не имеют противорезающих ножей и срезают растительность с использованием инерции покоя стеблей, поэтому скорость резания должна быть высокой. Она находится в пределах 20...90 м/с. Увеличение скорости повышает качество срезания, снижает повреждаемость корневой системы и повышает продуктивность трав.

Наибольшее распространение получили *роторные рабочие органы с шарнирно закрепленными на них ножами*. Подобный ротор показан на рис. 3.29. Он состоит из диска 1, ножей 2 и присоединительных пальцев (осей) 4 с гайками 5. Вращение на роторы передается приводом 3.

В процессе работы благодаря центробежным силам ножи шарнирно прикрепленные к диску располагаются в радиальном направлении. При встрече с неперерезаемым стеблем ножи отклоняются и уходят под диск, что предотвращает их поломку. Для уменьшения высоты срезания растительности и уменьшения трения диска о стержню выпускаются косилки, у которых диск или редуктор наклонен вперед по ходу движения косилки или плоскость ножа выполняется с режущей кромкой, отклоненной вниз.

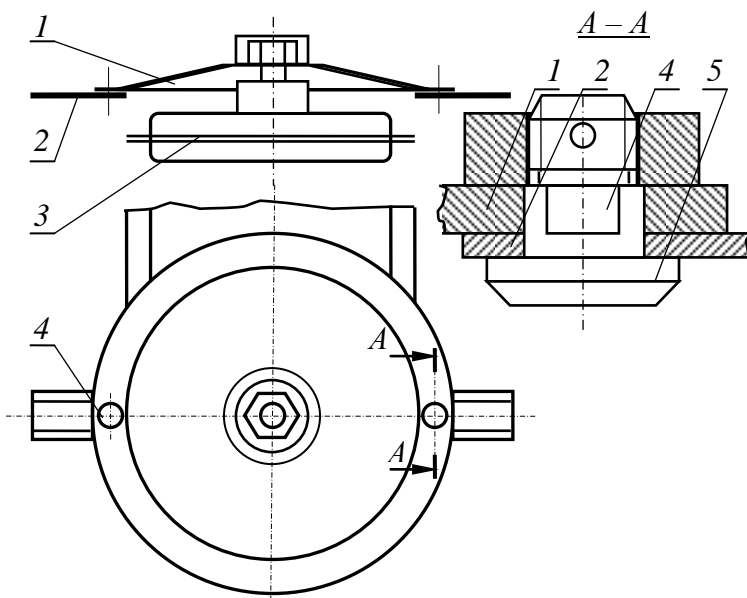


Рис. 3.29. Схема ротора с шарнирно закрепленными на диске ножами.

Вид типичного ротора многороторной косилки показан на рис. 3.30. Для снижения вероятности наматывания травы на ротор гайка 2 крепления пальца ножа защищена дужкой 1, а гайка 5 крепления диска вместе с пресс-масленкой 4 и шайбой 6 охвачена кольцом 3.

Двухроторный рабочий орган (рис. 3.31) для окашивания откосов навешивается сбоку на трактор и соединяется с ним стрелой с рукоятью. Режущий аппарат связан с рукоятью соединительным звеном, предупреждающим воздействие стрелы на режущий аппарат при поперечных колебаниях базовой машины. В транспортное положение рабочий орган переводится посредством гидроцилиндра с тросовой тягой. Соединительное звено с режущим аппаратом сообщено с помощью узла присоединения 2, снабженного проушинами 1.

Режущий аппарат двухроторной косилки К-78 имеет роторы 6, приводимые во вращение гидромоторами, к которым по маслопроводам 3 и 4 подается от насоса рабочая жидкость. Роторы состоят из крестовины 8 с шарнирно закрепленными на ней ножами 5. Роторы с приводом накрыты колпаками 9 и посредством стаканов крепятся к корпусу 6. В процессе работы рабочий орган опирается на откос тарельчатыми опорами 7.

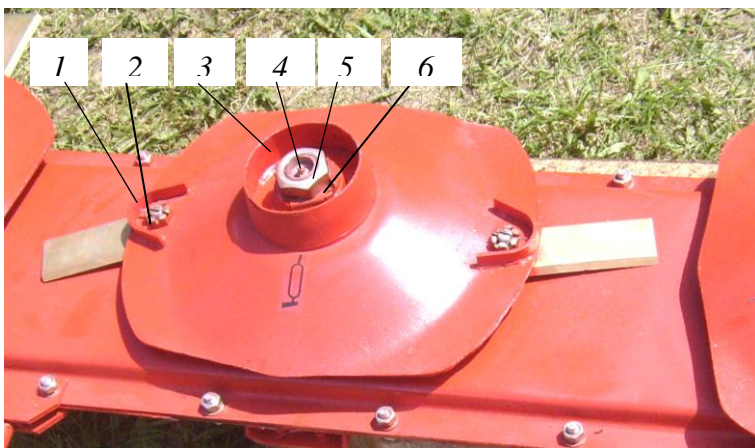


Рис. 3.30. Ротор многороторной косилки.

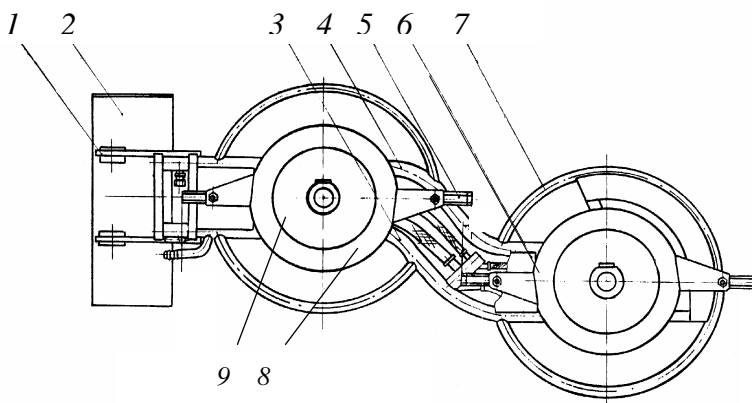


Рис. 3.31. Двухроторный рабочий орган.

Поскольку привод от гидромоторов не обеспечивает полной синхронности вращения роторов, траектории концов ножей не должны перекрываться. Между ними должен быть зазор, но растительность должна гарантированно срезаться. Для этого корпус выполняется изогнутым, что обеспечивает перекрытие полос, захватываемых каждым из роторов. Кроме того, роторы имеют встречное вращение, обеспечи-

вающее укладывание срезанной растительности в компактный валок, смещенный к берме канала.

Конструкция привода роторов показана на рис. 3.32. Привод базируется на опоре 9. Гидромотор 3 привода установлен в стакане 6 и находится под коллаком 8 ротора. Гидромотор при отпущенных болтах 7 может перемещаться вместе со стаканом в осевом направлении, что позволяет регулировать высоту среза растений. В процессе работы вал гидромотора посредством сферической шлицевой втулки 4 передает вращение на ротор. Ротор вращается относительно стакана благодаря подшипникам 1 и 2. Подшипники смазываются пластичной смазкой, которая нагнетается через пресс-масленки. Для удержания смазки служит уплотнение 5.

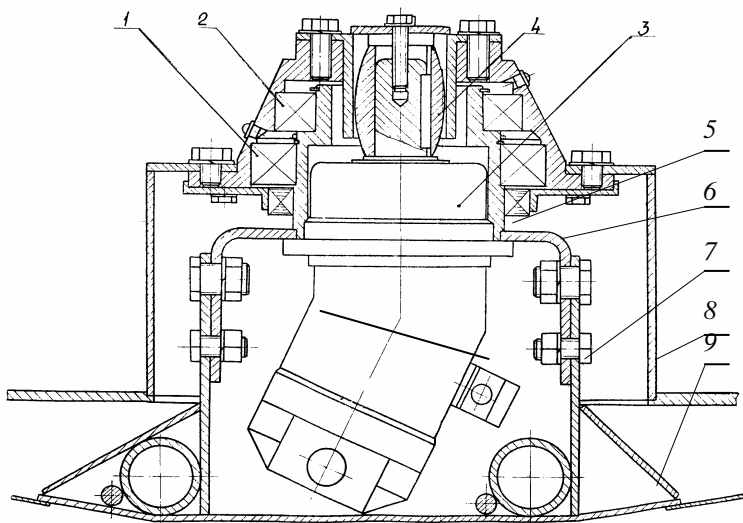


Рис. 3.32. Привод двухроторного рабочего органа.

Существуют двухроторные косилки с механическим приводом. Например, косилка Л-501Д навешивается на заднюю трехточечную систему и приводится в действие посредством механической трансмиссии от заднего вала отбора мощности колесного трактора, а роторы получают вращение от ременной передачи. Для предохранения от поломок при случайном наезде на препятствие косилка снабжена демфирующим устройством. Вид рабочего оборудования косилки Л-501 показан на рис. 3.33.



Рис. 3.33. Общий вид органа двухроторной косилки Л-501 с механическим приводом.

Конструктивная схема привода роторов показана на рис. 3.34.

Роторы 7 с шарнирно закрепленными четырьмя ножами 9 опираются на тарелки 8. Тарелки соединены с рамой 1 стойками 4. Ремень 2 посредством шкива 5 передает вращение на трубчатый вал 3, опирающийся на подшипники 6. Трубчатый вал соединен с диском ротора, благодаря чему при вращении вала вращается и ротор.

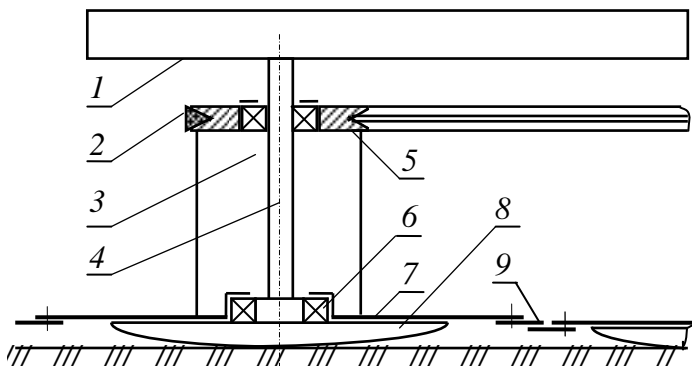


Рис. 3.34. Схема ротора двухроторной косилки с механическим приводом.

Кинематическая схема привода роторов двухроторной косилки, обеспечивающая встречное вращение роторов, показана на рис. 3.35.

На валу ведущего шкива установлена обгонная муфта, позволяющая по инерции вращаться роторам и шкивам после отключения вала отбора мощности.

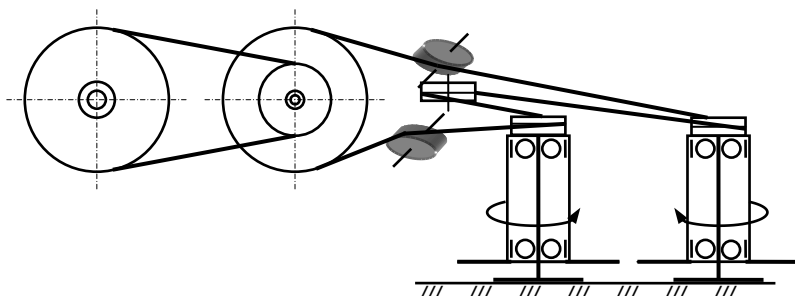


Рис. 3.34. Кинематическая схема привода роторов двухроторной косилки Л-501 с механическим приводом.

Для окашивания бермы может использоваться двухроторная фронтальная косилка Л-501-02, приводимая в действие от бокового вала отбора мощности.

В качестве сменного рабочего органа к мотоблоку выпускаются фронтальные двухроторные косилки «Заря», ТМ-36 и аналогичные им. На рис. 3.36 показана косилка «Заря».



Рис. 3.36. Сменный фронтальный двухроторный косилочный рабочий орган к мотоблоку.

Привод роторов осуществляется посредством валов и зубчатых передач от вала отбора мощности мотоблока.

Косилка роторная навесная «Заря» является одним из навесных орудий к мотоблокам и предназначена для скашивания как обычной травы, так и грубостебельной и травяной растительности, расположенной на малых участках и неудобницах, обочинах дорог, на склонах до 10°. Кроме того, она может быть использована для скашивания мелко-одиночного кустарника.

Технические характеристики основных двухроторных косилок приведены в табл. 3.3.

Т а б л и ц а 3.3. Технические характеристики двухроторных фронтальных косилок

Показатели	Заря КР.0,5	ТМ-36	Л-501-02
Базовый трактор	Мотоблок	Мотоблок	МТЗ-82
Ширина захвата, см	80	82	190
Высота среза, см	Не более 7	Не более 6	3...6
Скорость вращения роторов, мин ⁻¹	1800...2400	1800...2400	1900
Рабочая скорость, км/ч	2...4	2...4	8
Производительность, га/ч	0,15...0,2	Не менее 0,15	1,48
Габаритные размеры, мм:			
длина	800	870	3650
ширина	930	970	1050
высота	540	550	1150
Масса, кг	31	39	450

По основным двухроторным косилкам, навешенным сбоку, информация приведена в табл. 3.4.

Т а б л и ц а 3.4. Технические характеристики двухроторных косилок

Показатели	Л-501Д	КРН-2	К-78 (РР-33)	К-24АМ
Позиция навешивания	Задняя боковая	Задняя боковая	Боковая	Боковая
Базовый трактор класса	1,4	1,4	0,9...1,4	1,4
Ширина захвата, см	190	186	160	160
Высота среза, см	3...6	3...6	4...12	8

3.4.3. Трех- и многороторные косилки

В настоящее время для ухода за мелиоративными системами наиболее широко применяются трех- и многороторные (в основном трех- и четырехроторные) косилки. Режущие аппараты навешиваются на колесный и реже гусеничный трактор или используются в качестве сменного рабочего органа к многоцелевым каналаочистителям.

Общий вид и кинематическая схема многороторной косилки, имеющей механический привод и навешенной сзади-сбоку на колесном тракторе, показаны на рис. 3.37.

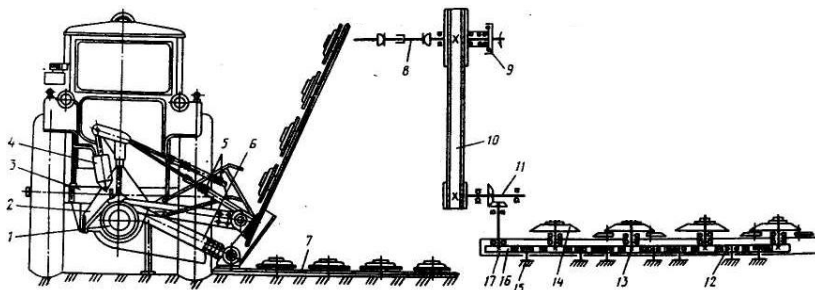


Рис. 3.37. Четырехроторная косилка на базе колесного трактора.

У данной косилки роторы приводятся во вращение ремненным приводом 1. Основой навески косилки являются кронштейны 2 и 3 и балка 6. Подъем и опускание режущего аппарата 7 выполняются гидроцилиндром 4 посредством туг 5. Вращение на роторы передается от вала отбора мощности через карданный вал 8, центробежную обгонную муфту 9 и ремennую передачу 10. В режущем аппарате с конического редуктора 11 вращение передается на вертикальный вал 17 с ведущей шестерней 16, далее на промежуточные шестерни 15 и с них на зубчатые колеса 12, 13 и роторы 14.

В качестве примера на рис.3.38 приведен вид достаточно распространенной косилки КДН-210.

Роторы многороторных косилок обычно приводятся во вращение от вала отбора мощности или от гидромотора. Ведущий вал привода режущего аппарата может быть установлен в боковой или средней части режущего аппарата. Мелиоративные косилки обычно выносятся в сторону, поэтому для них предпочтительным является боковой привод.

Конструкция режущего аппарата косилки с боковым приводом показана на рис. 3.39.



Рис. 3.38. Четырехроторная косилка КДН-210.

Корпус редуктора состоит из верхней 2 и нижней 3 штампованных из листовой стали частей. Ножи 4 крепятся к дискам 5, установленным на валах 6 с опорами 1.

Роторы приводятся во вращение цилиндрическими зубчатыми прямозубыми колесами. Для обеспечения попарного встречного вращения роторов их ведущие колеса соединены между собой двумя промежуточными шестернями.

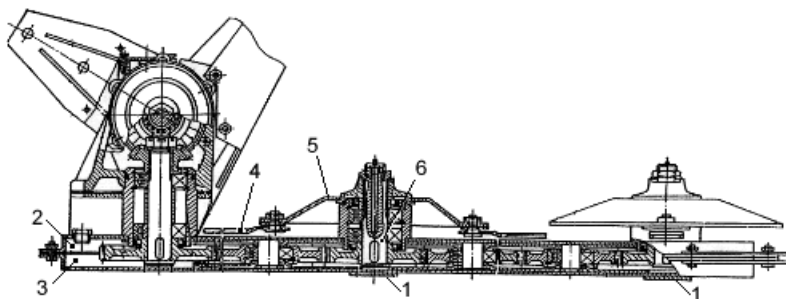


Рис. 3.39. Конструкция многороторного рабочего органа косилки с боковым приводом.

Внешний вид четырехроторной косилки АС-1 показан на рис. 3.40. Кинематическая схема привода роторов приведена на рис. 3.41.



Рис. 3.40. Рабочий органа многороторной косилки АС-1.

Данная косилка приводится в действие ременным приводом 1 посредством конического редуктора 2. Ведущие шестерни 3, соединенные с дисками 4 и 6, которые оснащены ножами 7, приводят диски во вращение. Поскольку между ведущими шестернями установлены по две промежуточные шестерни 5, диски вращаются попарно навстречу друг другу. Шестерни смонтированы в корпусе 8.

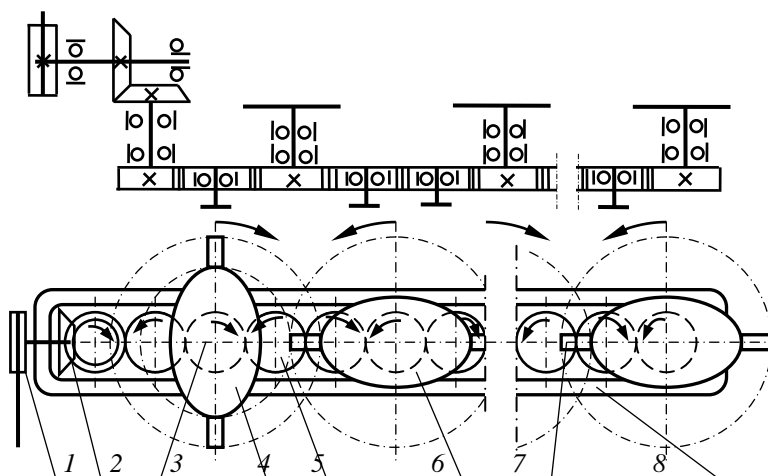


Рис. 3.41. Кинематическая схема многороторного рабочего органа с боковым приводом.

Для обеспечения полного срезания растений траектории концов ножей у таких косилок должны частично перекрывать одна другую, причем точка их пересечения должна находиться за пределами корпуса редуктора режущего аппарата. Благодаря жесткой связи между валами роторов последние устанавливаются с частичным перекрытием траекторий ножей, которые на соседних дисках установлены по схеме согласно рис. 3.41. Конструкция варианта исполнения такого привода показана на рис. 3.42.

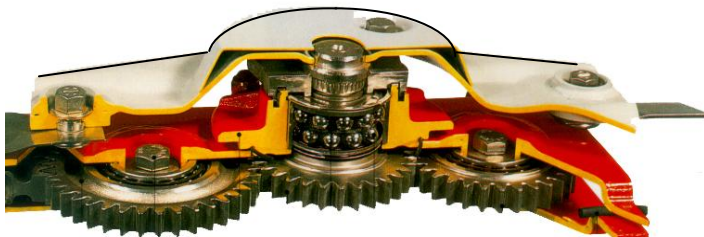


Рис. 3.42. Конструкция привода роторов многороторной косилки.

Роторы состоят из диска обычно с двумя, реже с тремя, шарнирно закрепленными ножами. Форма наиболее часто встречающихся дисков приведена на рис. 3.43.

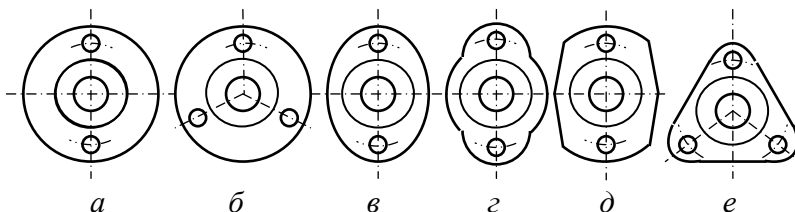


Рис. 3.43. Формы дисков трех- и многороторных косилок: а – круглый с двумя ножами; б – то же с тремя ножами; в – эллипсный; г, д – комбинированной формы; е – треугольный.

Круглые диски более тяжелые и имеют меньше возможности по обеспечению перекрытия, но они создают меньшие перегрузки на привод в случае встречи диска с препятствием.

Для обеспечения перекрытия иногда используются схемы, показанные на рис. 3.44. За счет вынесения оси ротора вперед такая схема позволяет легче обеспечивать необходимое перекрытие роторов, а при наклоне режущего аппарата вперед достигается уменьшение высоты среза растений.

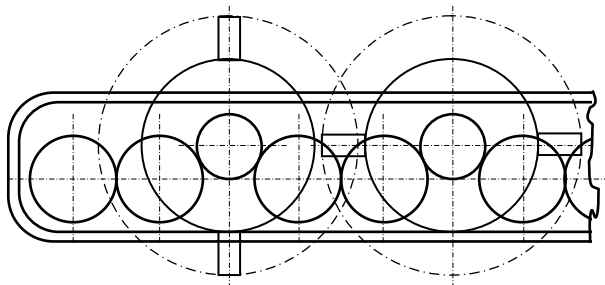


Рис. 3.44. Многороторный рабочий орган с вынесенными вперед осями вращения роторов.

У сельскохозяйственных косилок, например, известных фирм Клаас и Кроне оси роторов 4 по отношению к корпусу 3 и ведущим колесам 2 вынесены вперед еще в большей степени (рис. 3.45). Ведущие шестерни имеют больший диаметр, но количество их меньше. Роторы также попарно вращаются встречно.

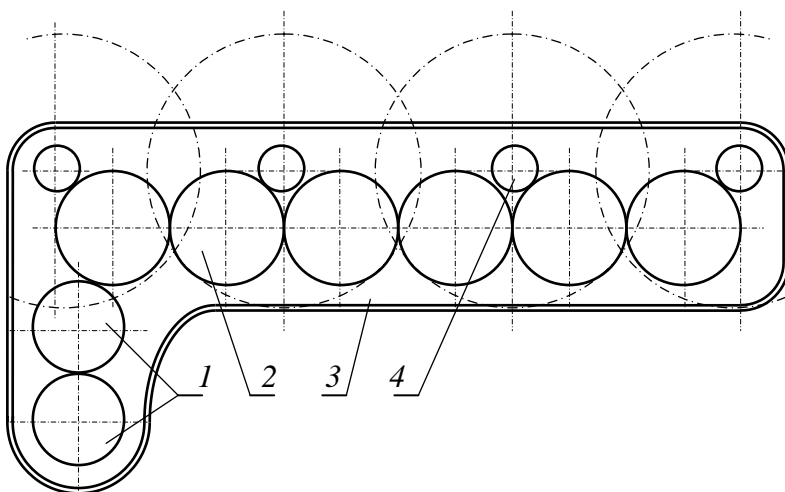


Рис. 3.45. Схема привода роторов рабочего органа косилок Клаас и Кроне.

Приводные шестерни 1 для уменьшения габаритов аппарата установлены сзади за первым ротором. Такая схема, кроме того, позволяет уменьшить частоту вращения приводных шестерен. Ведущие колеса 2 имеют лучшие условия работы вследствие большего числа зубьев, находящихся в контакте друг с другом. Кроме того, часто такие режущие

аппараты имеют возможность перевода ведомых шестерен в зацепление с другим колесом. Это позволяет менять направление вращения роторов.

Большая ширина корпуса увеличивает площадь его опорной поверхности, что снижает повреждаемость корневой системы произрастающих трав. С целью облегчения корпуса редуктора он может быть выполнен по контуру, показанному на рис. 3.46.

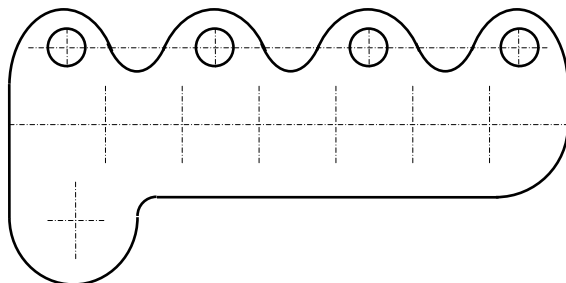


Рис. 3.46. Контур облегченного редуктора привода роторов многороторных косилок фирм Claas и Krone.

Конструкция привода роторов косилок фирм Claas и Krone схематически показана на рис. 3.47.

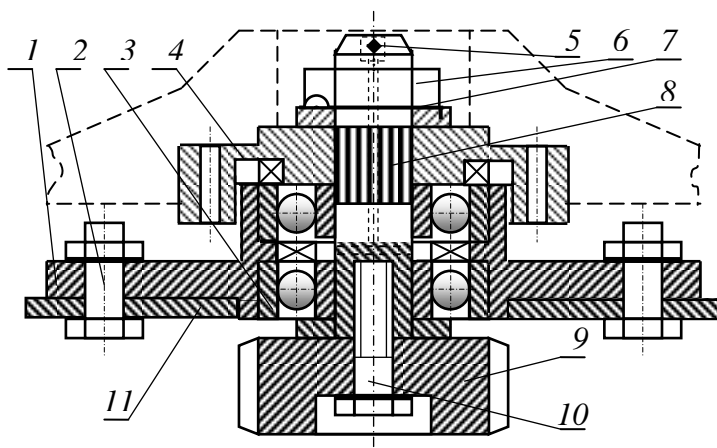


Рис. 3.47. Схема привода роторов рабочего органа многороторной косилки.

Приводная шестерня 9 болтом 10 крепится к валу ротора 8, на шлицах которого гайкой 6 закреплен фланец 4 крепления диска ротора. Во избежание самоотвинчивания гайка стопорится шайбой 7.

Привод опирается на стакан 1 с подшипниками 3 и болтами 2 монтируется на верхней части корпуса редуктора 11.

Подшипники смазываются пластичной смазкой, нагнетаемой через пресс-масленку 5.

Поперечный разрез по оси ротора косилок фирм Claas и Krone показан на рис. 3.48, а на рис. 3.49 приведен разрез фрагмента косилки, показывающий установку шестерен редуктора.

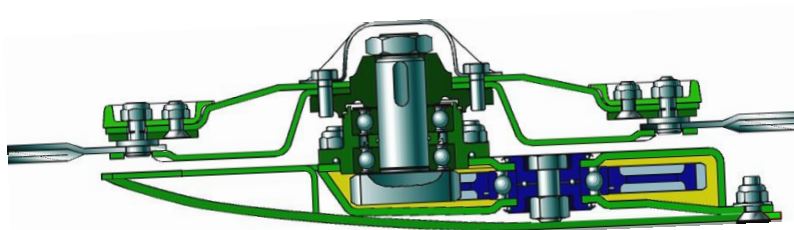


Рис. 3.48. Поперечный разрез по оси ротора косилок фирм Claas и Krone.

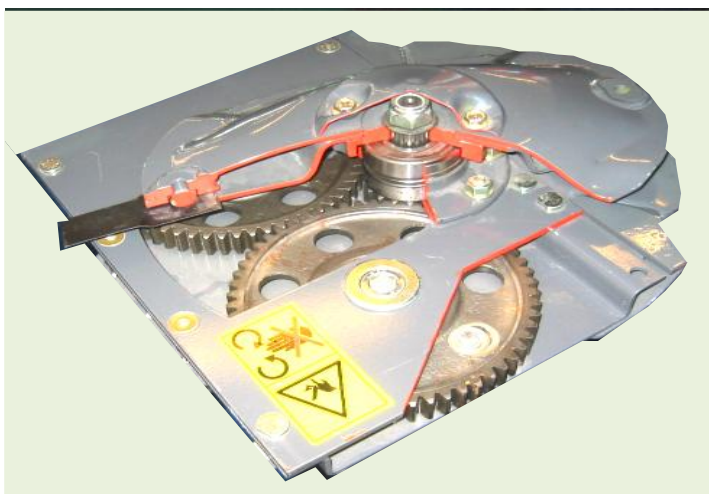


Рис. 3.49. Вид шестеренного привода роторов рабочего органа многороторной косилки.

На косилках косилок фирм Claas, Krone и некоторых других устанавливаются роторы улучшенной конструкции. Детали, входящие в состав ротора, показаны на рис. 3.50.



Рис. 3.50. Детали ротора косилок фирм Claas и Krone.

Диски 4 имеют эллипсную форму, причем диск снизу закрыт пружинным днищем 5. Это снижает сопротивление воздуха вращающимся роторам. Кроме того, гайки 1 крепления ножа 2 утоплены в прижим 3, который крепится к диску болтом 7. Это снижает вероятность наматывания травы на роторы. Ножи 2 надеваются снизу на палец 8, вставляемый в отверстия прижима, диска и шайбы 6, которая прижимается гайками к нижней части диска. Пружинное днище удерживает ножи на пальцах, прижимая их снизу вверх. Такая конструкция позволяет легко менять изношенные ножи. Для этого достаточно простым рычажным приспособлением (рис. 3.51) отжать вниз пружинное днище.

Существующие трехроторные косилки в рабочем положении устанавливаются перпендикулярно к направлению движения или, для улучшения перекрытия, – под некоторым углом к направлению рабочего передвижения подобно двухроторным. Однако известна трехроторная косилка с центральным приводом, способная (КМ-1) окашивать откосы и дно. При окашивании дна режущий аппарат может на рукояти разворачиваться вдоль оси канала. Косилка КМ-1 навешивается на гусеничный трактор тягового класса 3. Может окашивать каналы, в

том числе срезать растительность под водой, поэтому сегментные ножи к диску крепятся жестко.

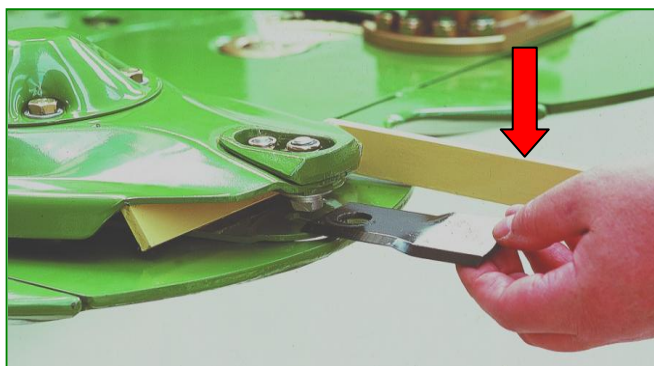


Рис. 3.51. Замена ножа ротора косилок фирм Claas и Krone.

В производстве находится четырехроторная косилка КРР-Ф-1,85 с ременным приводом роторов. Рабочий орган косилки (рис. 3.52) состоит из кожуха 1 ременной передачи, роторов 2 с шарнирно закрепленными на них ножами 3, механизма натяжения 4 ременной передачи, гидроцилиндра 5, навески 6 рабочего органа, карданного вала 7, соединенного с ВОМ трактора, конического редуктора 8, ременного привода 9, полевого делителя 10 и ограждения 11.

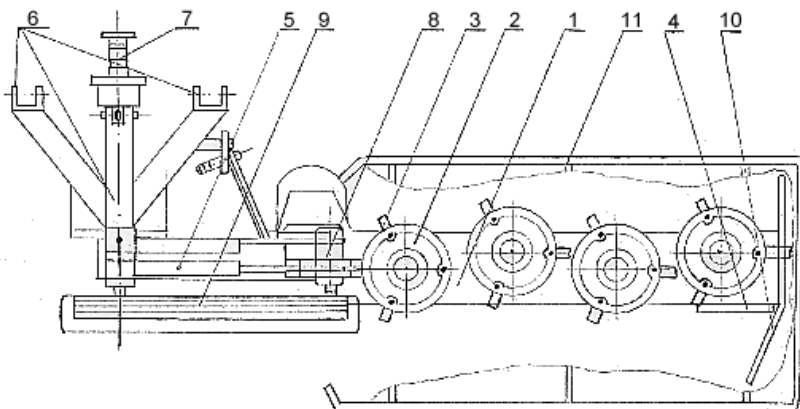


Рис. 3.52. Вид сверху на рабочий орган четырехроторной косилки с ременным приводом роторов КРР-Ф-1,85.

Кинематическая схема привода роторов данной косилки представлена на рис. 3.53.

Вращение от ведущего шкива 1 роторам 3 передается от ведомых шкивов 2 клиновым двухсторонним (шестигранным) ремнем 4 (сечение ремня показано на позиции 7). Ременная передача закрыта кожухом 6, являющимся одновременно рамой и опорной частью режущего аппарата.

Роторы установлены зигзагообразно, что позволяет перекрыть траектории концов ножей и увеличить угол обхвата шкивов ремнем.

Для натяжения ремней предназначен подпружиненный ролик 4 с винтовым механизмом натяжения. Изображенная схема запасовки ремня обеспечивает попарное встречное вращение роторов.

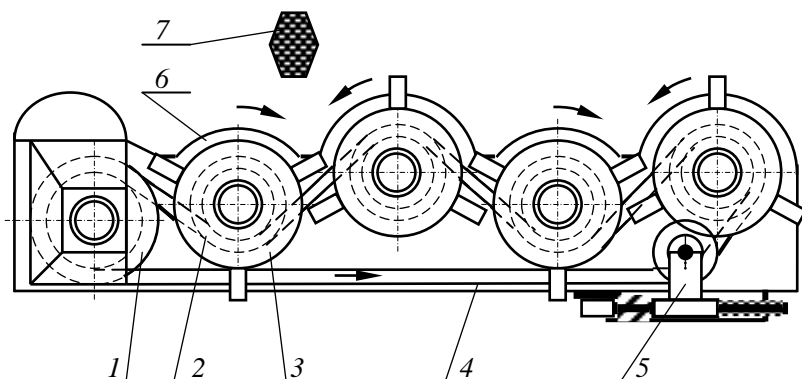


Рис. 3.53. Кинематическая схема рабочего органа косилки с ремненным приводом роторов.

Описанные выше четырехроторные косилки являются косилками сельскохозяйственного назначения или созданы на базе сельскохозяйственных, для которых окашивание откосов не является основной операцией. Угол наклона окашиваемой поверхности для них изменяется в довольно узких пределах.

Для обеспечения в процессе окашивания неровных поверхностей возможности наклона режущего аппарата 3 подъемный гидроцилиндр 1 (рис. 3.54) с режущим аппаратом соединяется посредством цепи или серьги 2 с продольным вырезом, позволяющим опускать конец режущего аппарата ниже уровня стояния и свободно совершать вертикальные колебания. Тем не менее она может окашивать только часть откоса, смежную с бермой.

Более приспособленными для окашивания откосов являются специальные мелиоративные трехроторные косилки – КРД-1,5 и К-78М. Ос-

новые положения рабочего органа этих косилок схематически показаны на рис. 3.55.

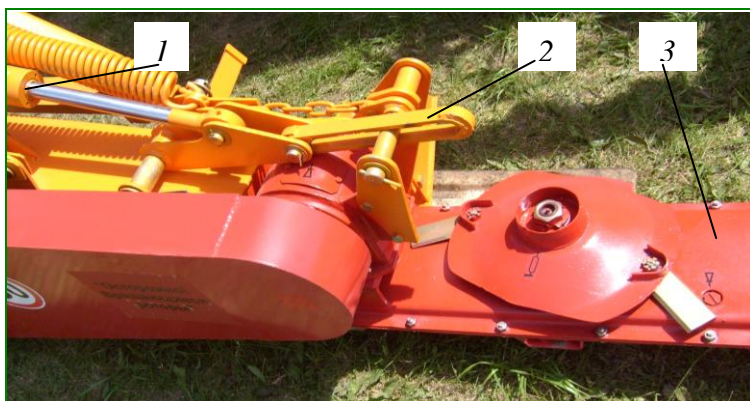


Рис. 3.54. Вид шарнирного устройства косилки АС-1.

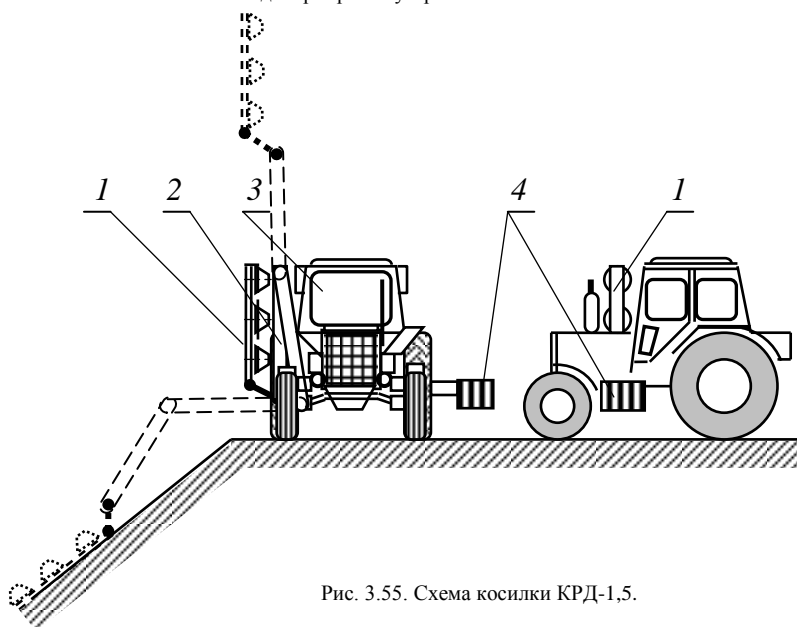


Рис. 3.55. Схема косилки КРД-1,5.

Трехроторный косилочный аппарат 1 с помощью двухзвенной навески 2 агрегируется с трактором МТЗ-82 3. Навеска управляется

гидроцилиндрами и крепится к правому лонжерону трактора между его передним и задним колесами. Режущий аппарат приводится в действие от гидромотора. Для повышения устойчивости косилка КРД-1,5 снабжается боковым противовесом 4, управляемым гидроцилиндром, а у косилки К-78М сбоку установлен дополнительный бак гидросистемы.

Технические данные трехроторных косилок приведены в табл. 3.5.

Т а б л и ц а 3.5. Технические характеристики трехроторных косилок

Показатели	КМ-1	К-78М	КРД-1,5
Конструктивная ширина захвата, м	0,8...2,4	1,6	1,5
Агрегатируется с тракторами класса	3	1,4	1,4
Схема навешивания	Боковая передняя	Боковая	Боковая
Тип привода режущего аппарата	Гидравлический	Гидравлический	Гидравлический
Масса, кг	400	850	900 (с противовесом)
Частота вращения роторов, мин ⁻¹	450...600	–	–
Число ножей на роторе		2	2
Минимальная высота среза, см	изменяемая	4...8	6...10
Рабочая скорость, км/ч	1,63...2,85	0,5...5	До 12
Техническая производительность, га/ч	2500 м/ч	0,3	5 (9 на ровном участке)

Технические данные наиболее распространенных четырехроторных косилок приведены в табл. 3.6.

Т а б л и ц а 3.6. Технические характеристики четырехроторных косилок

Показатели	КРР-Ф-1,85	РР-41	АС-1	КРН-2,1А	КДН-210	КРД-2,4
1	2	3	4	5	6	7
Конструктивная ширина захвата, м	1,85	2,1	2,1+0,05	2,1	2,1	2,4
Агрегатируется с тракторами класса	0,9...1,4	3	0,9...1,4	0,9...1,4	0,9...1,4	0,9...1,4
Схема навешивания	Задняя боковая	Боковая	Задняя боковая	Задняя боковая	Задняя боковая	Задняя боковая
Тип привода режущего аппарата	Механический	Гидравлический	Механический	Механический	Механический	Механический

Окончание табл. 3.5

1	2	3	4	5	6	7
Габариты оборудования, мм:						
длина	3750	5350	3550	3550	3590	4450
ширина	1960	4680	2085	2085	1600	1200
высота	1000	3340	1380	1380	1400	1090
Масса, кг	340	900	510	510	530	500
Частота вращения роторов, мин ⁻¹	2700... 3250	2000	–	1980... 2060	–	2350
Число ножей на роторе	–	2	2	2	2	2
Минимальная высота среза, см	8±2	8	6...8±2	6...8±2	4	6...8±2
Рабочая скорость, км/ч	До 15	0,9...3,4	До 15	До 15	До 15	До 15
Техническая производительность, га/ч	1,1...2,4	0,56	2,85	2,85	5,5	3,5

При фронтальном навешивании режущего аппарата (рис. 3.56) многороторная косилка может быть использована для окашивания бERM каналов.



Рис. 3.56. Вариант многороторной косилки с фронтально навешенным режущим аппаратом.

3.4.4. Косилки-измельчители

Косилки-измельчители имеют спиральные ножи или ротационные барабаны с шарнирными ножами. Рабочий орган имеет ось вращения, параллельную окашиваемой поверхности. Срезание растительности барабаном со спиральными ножами происходит благодаря защемлению ее между вращающимися спиральными ножами и неподвижным противорежущим ножом.

Косилка с шарнирно закрепленными чашечными ножами является косилкой-измельчителем, которая барабаном 1 (рис. 3.57) с шарнирно закрепленными ножами 2 срезает, измельчает и, благодаря высокой скорости резания, выбрасывает измельченную растительность через кожух за пределы канала или при отсутствии такого кожуха оставляет на откосе. Существуют косилки с пневматическим отсасыванием измельченной массы.

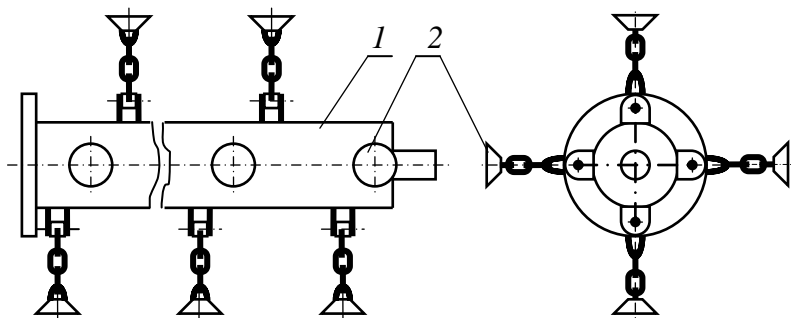


Рис. 3.57. Схема ротора косилки-измельчителя с шарнирно закрепленными чашечными ножами.

По такому же принципу работают косилки-измельчители с Г-образными ножами. Наиболее часто применяющиеся ножи схематически показаны на рис. 3.58.

Вид рабочего органа мелиоративной косилки-измельчителя показан на рис. 3.59.

Используются различные варианты навешивания косилок-измельчителей. Так, например, фирма Verku выпускает тракторную косилку-измельчитель с рабочим органом, установленным на поворотной платформе, показанную на рис. 3.60, косилка-измельчитель с рабочим органом, навешенным сбоку, показана на рис. 3.61, навешенным сзади на поворотной колонке – на рис. 3.62, навешенным фронтально и сбоку – на рис. 3.63.

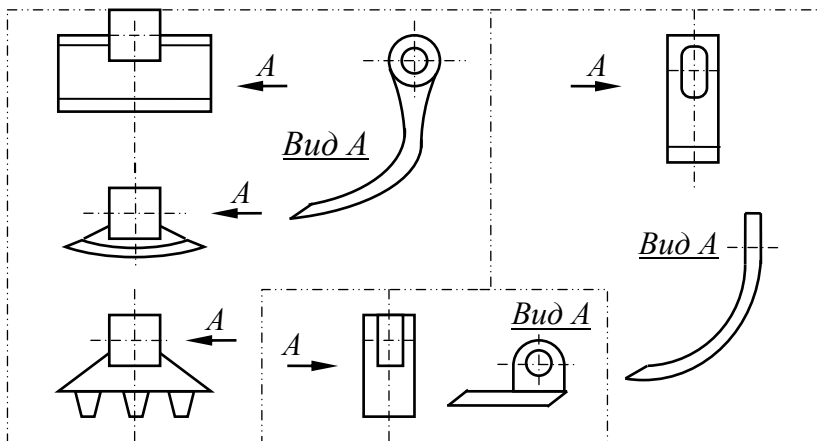


Рис. 3.58. Ножи косилки-измельчителя с шарнирно закрепленными Г-образными ножами.



Рис. 3.59. Рабочий орган косилки-измельчителя.



Рис. 3.60. Косилка-измельчитель на поворотной платформе.



Рис. 3.61. Косилка-измельчитель с рабочим органом, навешенным сбоку.



Рис. 3.62. Косилка-измельчитель с рабочим органом, навешенным сзади.



Рис. 3.63. Косилка-измельчитель с рабочими органами, навешенными фронтально и сбоку.

Технические данные некоторых зарубежных косилок-измельчителей приведены в табл. 3.7 [6].

Т а б л и ц а 3.7. Технические характеристики зарубежных косилок-измельчителей

Фирма-изготовитель и марка машины	Ширина захвата, м	Диаметр ротора, мм	Частота вращения ротора, мин ⁻¹	Высота среза, мм	Число ножей	Масса, кг
«Интернэйшнел Харвестер» В 20-2	1,01	635	1050	30...200	40	740
«Бамфордс» ФШ-40 (Англия)	1,01	725	1400...1500	0...240	26	900
КИР-1,5 (Болгария)	1,20	600	1500	50...200	34	870
Ахис Кидд	1,22	610	1000...1850	30...190	17	760
Джон Уайлдер	1,32	750	1500	0...260	33	870
«Массей Фергюсон» 760 (Англия)	1,47	610	1500...1800	30...350	28	900
«Берки Мотрас» 3800 (Германия)	1,50	600	2400	80...130	28	490
«Брэди» 606 (США)	1,50	585	1650...1750	25...250	28	510
«Ланделе» Супер 606 (США)	1,50	610	1500	50...400	28	988
«Шульц» 21-46	1,95	650	1500	0...280	44	757
«Спиди» 600 С	2,05	508	1400	0...180	64	454
«Аллис-Чалмерс» 56 Ф (США)	2,3	610	1230	40...280	36	1145

Мощность, потребляемая рабочими органам, перечисленными в табл. 3.7, находится в пределах 14,7...25,7 кВт.

Белорусской Системой машин для окашивания берм предусмотрено использование бильной фронтальной косилки КБФ-2,5, имеющей ширину захвата 2,5 м. Рабочий орган косилки может смещаться вправо или влево на 0,5 м [14].

Выпускаются полнопрофильные внутриканальные косилки на наклоняемых колесах. Такая машина окашивает дно горизонтальным барабанным, а откосы наклонными сегментными или роторными аппаратами. Известна также гусеничная надканальная машина, за один проход окашивающая оба откоса канала сегментным косилочным аппаратом и очищающая дно канала многоковшовым цепным рабочим органом продольного копания.

Шнековая косилка-измельчитель имеет навешенный сбоку режущий аппарат (рис. 3.64), изготовленный в виде ленточного шнека, по периферии которого закреплены ножи. Позади шнека установлен кожух. Косилка скашивает, измельчает и частично выносит на берму рас-

тельность на откосе. Способна удалять грубостебельную травянистую растительность практически при любой густоте травостоя. По такой схеме работает косилка КОС-2,5, навешиваемая на трактор типа ДТ-75Б.

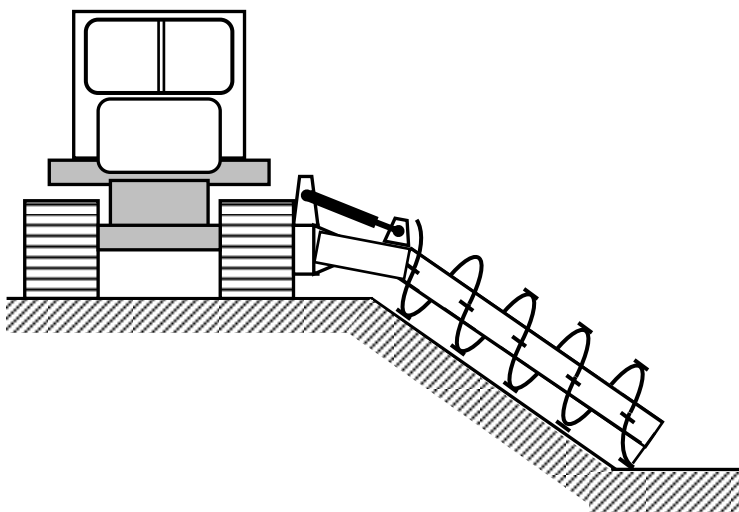


Рис. 3.64. Схема рабочего органа шнековой косилки.

3.5. Рабочие органы, совмещающие процессы срезания и удаления растительности

Совмещение операций скашивания и удаления скошенной растительности производят шнеком-косилкой, ковшем-косилкой или корзиной-косилкой.

Рабочий орган шнека-косилки (рис. 3.65) навешивается сбоку и при кошении опускается на откос перпендикулярно оси канала. Срезание растительности производится сегментно-пальцевым аппаратом 1, а ее транспортирование на берму шнеком 2, охваченным кожухом 5. Привод шнека и режущего аппарата осуществляется от гидромотора 3 посредством редуктора 4. Для предотвращения передачи вибрации на базовую машину в рукояти установлен амортизирующий узел 9.

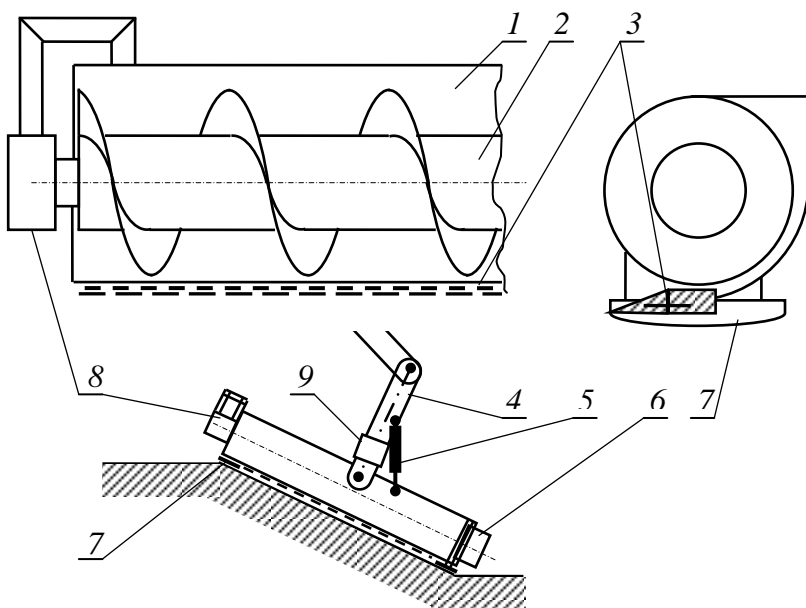


Рис. 3.65. Рабочий орган шнека-косилки.

Ковш-косилка (рис. 3.66) навешивается на экскаватор или каналочиститель по схеме обратной лопаты с наличием на рукояти амортизирующего устройства и параллелограммного звена, обеспечивающего требуемую траекторию ковша. Ковш 1 выполняется решетчатым или иногда из синтетической ткани. Режущий аппарат 2 применяется, как правило, сегментно-пальцевый или резе многоаторный. Привод 3 – гидромотор с редуктором – устанавливается в средней части ковша (рис. 3.66,а) или сбоку (рис. 3.66,б).

Вид ковшей-косилок показан на рис. 3.67. Причем данные рабочие органы имеют возможность поперечного наклона.

Разновидностью ковша-косилки является корзина-косилка с сегментно-пальцевым аппаратом, схематически показанная на рис. 3.68. Она имеет увеличенную вместимость ковша 1, облегченную его конструкцию и опорные колеса 2, позволяющие режущему аппарату 4 с приводом 3 копировать возможные неровности откоса канала.

Известны также машины с ротационными барабанами-измельчителями с пневматическим отсасыванием или транспортированием растительной массы. Системой машин для окашивания откосов каналов глубиной до двух метров предусмотрено использование полуприцеп-

ной косилки-измельчителя КПП-1,5, имеющей ширину захвата 1,5 м. Рабочий орган и вентилятор отсасывания измельченной массы приводятся в действие гидромотором [14].

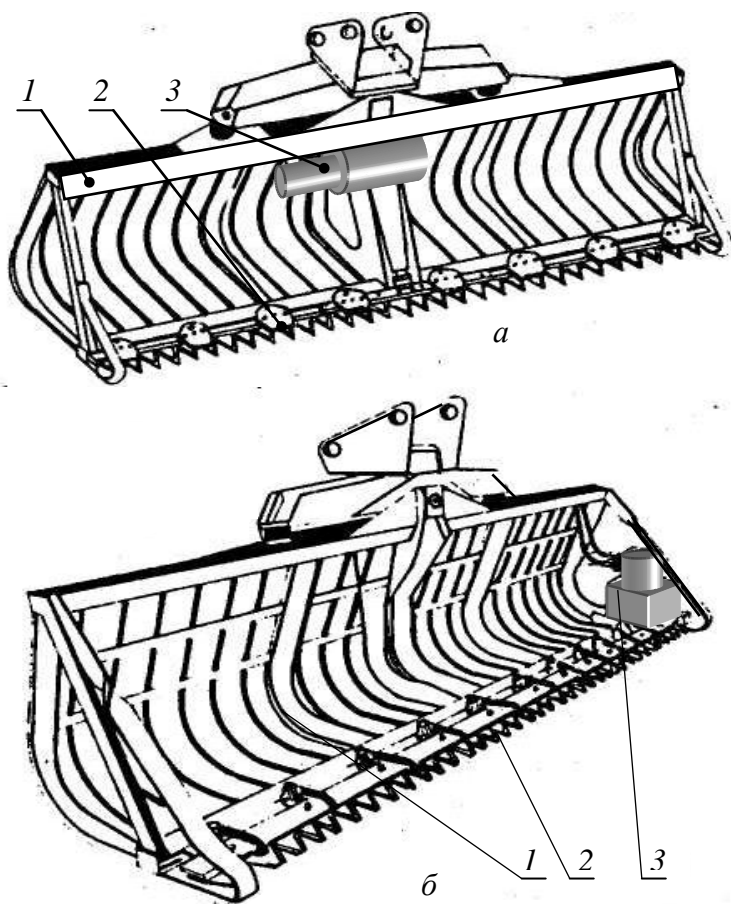


Рис. 3.66. Рабочий орган ковша-косилки: а – с центральным расположением привода; б – с боковым.

В работе В. Н. Кондратьева [6] описано аналогичное полуприцепное оборудование косилка-подборщик НО-20. Она предназначена для скашивания и измельчения травянистой и кустарниковой растительности с возможностью погрузки измельченной растительности в транс-

портное средство. Базовой машиной является трактор тягового класса 1,4...3.



Рис. 3.67. Рабочие органы наклоняемых ковшей-косилок.

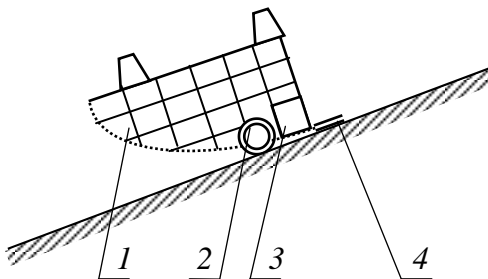


Рис. 3.68. Схема рабочего органа корзины-косилки.

Косилка имеет следующие технические данные: глубина окашиваемого канала – до 2 м; заложение откосов – 1:1...1:2; максимально допустимая высота стерни – 8...10 см; максимальный диаметр стебля срезаемой растительности – 20 мм; максимальная густота травостоя – 5000 шт/м²; максимальная ширина обрабатываемого откоса – 4,5 м; рабочая скорость передвижения – 1...5 км/ч; техническая производительность – 0,45 га/ч.

3.6. Ручные косилки

При малых окашиваемых площадях и в местах не доступных для навесных косилок используются ручные косы или механизированные ручные косилки, косилки на мотоблоках, газонокосилки, ручные штанговые косилки (триммеры), ручные кусторезы и сучкорезы, обрезчики ветвей. Газонокосилки и триммеры могут быть снабжены сборниками срезанной травы. Источниками энергии могут быть стационарная электросеть, передвижные электрогенераторы, компрессоры или бензиновые двух- или четырехтактные минидвигатели.

Газонокосилки обычно имеют дисковый рабочий орган с шарнирно закрепленными ножами. Высота скашивания обычно регулируется в пределах 25...100 мм. Отдельные электрические газонокосилки могут иметь привод на колеса. Ширина захвата – 30...60 см.

На мелиоративных каналах для удаления кустарника и поросли, для обрезки защитных и декоративных насаждений на каналах и дорогах часто используются ручные мотопилы, показанные на рис. 3.69. На них применяются цепные (рис. 3.69,а,в) или сегментный рабочие органы (рис. 3.69,б). Последний более удобен при обрезке кустарников и тонких гибких ветвей.



Рис. 3.69. Мотопилы с цепными и сегментным рабочими органами:
а – цепным и двигателем внутреннего сгорания; б – сегментным рабочим органом (ножницы); в – цепным органом.

Применение для обрезки кустарников и живых изгородей ручной пилы с сегментным рабочим органом, называемым также ножницами, показано на рис. 3.70,а. Они выпускаются с бензиновым и электрическим двигателями. Первые имеют мощность 0,9 кВт, рабочий объем – 24,5 см³, массу – 5,5...5,9 кг; вторые – мощность 0,5 кВт, массу – 3,3 кг.

Мотопилы фирмы Stihl имеют рабочий объем двигателя от 30,1 до 121,6 см³, мощность от 1,2 до 6,4 кВт, массу моторного агрегата – от 3,9 до 9,9 кг. У электропил этой фирмы мощность от 1,4 до 2,2 кВт, масса от 3,2 до 5,2 кг.

Мотопилы фирмы Husqvarna имеют рабочий объем двигателя от 35,2 до 118,8 см³, мощность – от 1,5 до 6,2 кВт, массу моторного агрегата – от 3,5 до 10,4 кг. Электропилы этой фирмы имеют мощность от 1,5 до 2,0 кВт, массу – 3,8 кг.

Выпускаются также штанговые сучкорезы с цепным рабочим органом. Некоторые из них имеют телескопическую регулируемую по длине штангу. Они способны перерезать сучья диаметром до 150 мм на высоте до 2,5, а с применением телескопической вставки – до 5 м, поэтому их иногда называют высоторезами. Работа высоторезом показана на рис. 3.70,б.



а

б

Рис. 3.70. Работа ручными косилками: а – с сегментным рабочим органом; б – высоторезом.

Триммеры снабжаются дисковым ножом диаметром 20...26 см (рис. 3.71,а и б), стальной многозубой дисковой пилой или диском с двумя–четырьмя лесками диаметром от 1,2 до 2,4 мм (рис. 3.71,г и д). Благодаря высокой частоте вращения диска (7000...8000 мин⁻¹) леска срубает траву, захватывая полосу 35...41 см в зависимости от мощности двигателя. Кусторезы и сучкорезы с сегментным рабочим органом обычно имеют antivибрационные рукоятки для защиты оператора от вибрации.

Ручные косилки с минидвигателями обычно имеют диаметр дискового ножа 20 см, массу – 4,2...11,5 кг, двигатель с рабочим объемом 24,0...53 см³, мощностью 0,9...2,5 кВт с топливным бачком емкостью 0,6...1,2 л.

Электрические имеют мощность 0,39...1,0 кВт, диаметр лески – 1,2...2,4 мм, две лески, ширину скашивания лесками – 35...40 см, массу – 2,6...5,3 кг.



Рис. 3.71. Ручные косилки (триммеры): а и б – с пластмассовыми ножами; в – со стальной дисковой пилой; г и д – с лесками.

Форма роторов, которыми при скашивании травы снабжаются косилки показана на рис. 3.72. На рис. 3.72,а приведен вид ротора с лесками, на рис. 3.73,б – вид пластикового четырехконсольного и на рис. 3.72,в – пластикового двухконсольного.

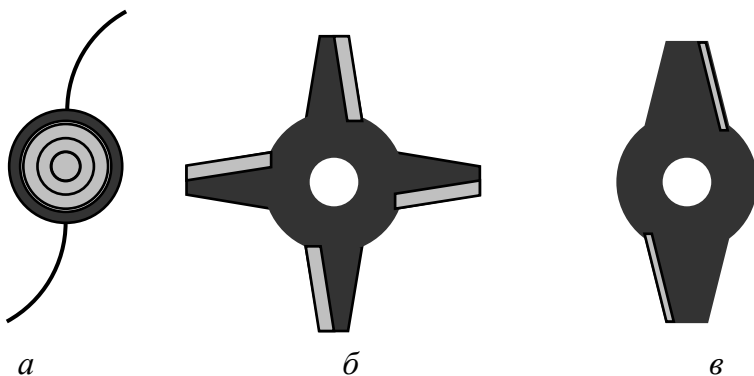


Рис. 3.72. Типы сменных роторов ручных косилок: а – с лесками; б – дисковый четырехконсольный; в – дисковый двухконсольный.

3.7. Машины для удаления из каналов срезанной растительности

Механическим рабочим органом для подборки срезанной растительности является конвейерный цепной подборщик. На рис. 3.73,а приведен его вид сзади, а на рис. 3.73,б – его кинематическая схема. Подборщик состоит из рамы 1 с ведущей 4 и ведомой 5 звездочками и тяговой цепи 2 с шарнирно прикрепленными к ней граблями 3.

Подборщик является машиной непрерывного действия, которая перемещается вдоль канала. Движущаяся цепь перемещает граблины и выносит ими срезанную растительность на бровку канала. Рабочий орган опирается на колеса б.

Вид одного из подборщиков в транспортном положении показан на рис. 3.74, в рабочем – на рис. 3.75.

Наряду с цепными подборщиками для ухода за мелиоративными системами применяются ротационные грабельные рабочие органы. Они созданы с использованием ротационных грабельных рабочих органов сельскохозяйственного назначения, однако, в отличие от последних, являются, как правило, однороторными. Привод ротора обычно осуществляется от гидромотора (рис. 3.76), от вала отбора мощности посредством карданной передачи (рис. 3.77) или от вала отбора мощности посредством ременной передачи (рис. 3.78).

В процессе вращения ротора граблины, находящиеся в вертикальном положении, захватывают срезанную растительность и перемещают ее к месту укладки вала. При подходе к этому месту механизм пово-

рота граблей переводит их в горизонтальное положение и освобождает от перемещаемой растительности.

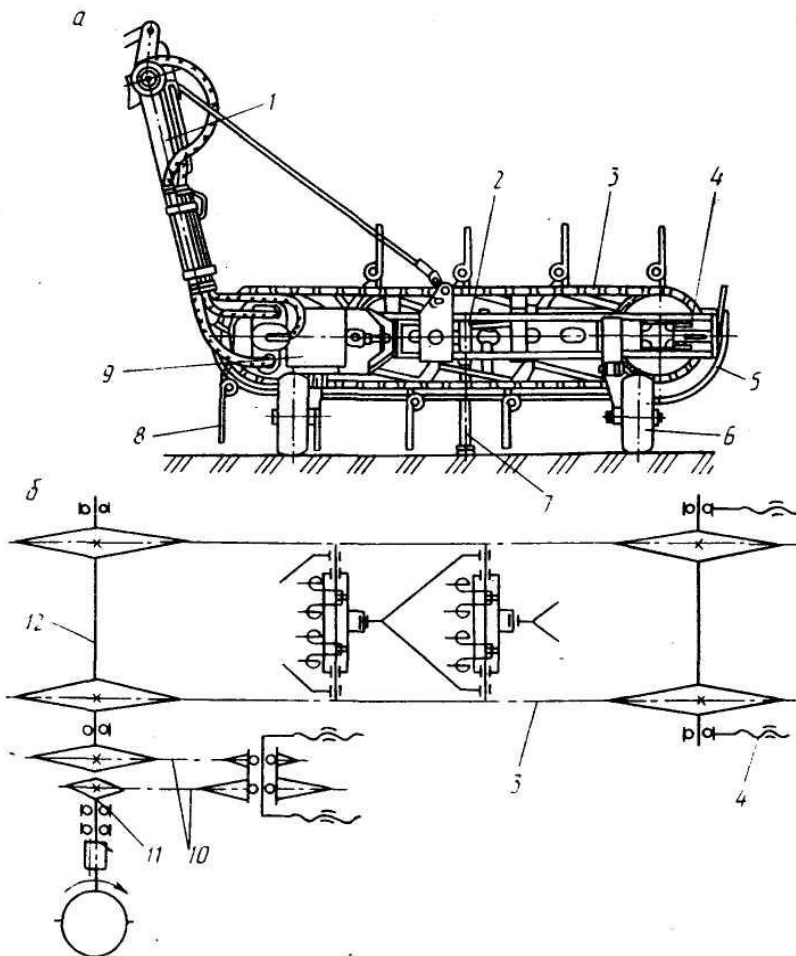


Рис. 3.73. Конвейерный цепной подборщик [15]: а – вид сзади; б – кинематическая схема.

Грабли мелиоративного назначения обычно навешиваются сбоку и работают по полунавесной схеме, т.е. в рабочем положении они опираются на дополнительные колеса.



Рис. 3.74. Общий вид цепного подборщика в транспортном положении.



Рис. 3.75. Общий вид рабочего органа цепного подборщика в рабочем положении.



Рис. 3.76. Роторный рабочий орган с гидроприводом подборщика срезанной растительности.



Рис. 3.77. Ротационный грабельный рабочий орган с механическим приводом.



Рис. 3.78. Ротационный грабельный рабочий орган с ремненным приводом.

В последнее время многие ремонтно-эксплуатационные машины совмещают операции скашивания и сгребания, для чего они комплектуются и косилочным, и сгребующим цепным (рис. 3.79) или роторным (рис. 3.80) рабочими органами.



Рис. 3.79. Косилки с сегментным косилочным с изогнутым брусом и грабельным цепным рабочим органом.



Рис. 3.80. Косилки с сегментным косилочным с изогнутым брусом и роторным грабельным рабочим органом.

3.8. Плавающие косилки

Плавающие косилки применяются в основном для окашивания водной растительности в русле каналов, рек, искусственных и естественных водоемов. Существуют также машины данной группы, способные окашивать и береговую поверхность, прилегающую к воде. Для работы в стесненных условиях предназначена переносная косилка, изображенная на рис. 3.81. Она способна работать в канале шириной не менее 1 м при глубине воды не менее 0,2 м. Косилка базируется на двух цилиндрических понтонах 1 с рукоятками 2 для ее переноски. На понтонах установлен двигатель 7 с топливным баком 8. Двигатель посредством передачи 3 с кривошипами 4 обеспечивает в процессе работы возвратно-поступательное движение тягам 5 со стреловидными ножами. Косилка в рабочем положении вдоль канала перемещается частично за счет отталкивания ножей от дна и срезанной растительности, а частично за счет усилия рабочего, действующего на штангу 9. Двигаясь по берме, он перемещает косилку и с помощью рычагов управления, имеющих на штанге, управляет двигателем. В нерабочем положении штанга укладывается на стойку 6.

Базой для самодвижущихся косилок, основные схемы которых показаны на рис. 3.82, являются специальные мотоботы 1 с малой осадкой, изготовленные из легких, зачастую алюминиевых, сплавов.

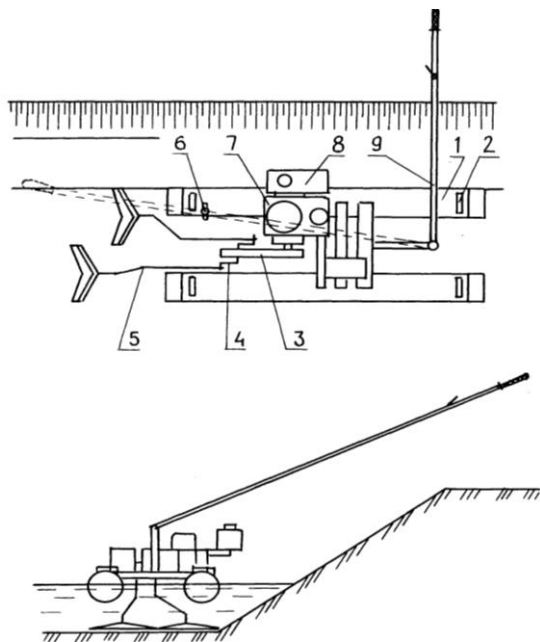


Рис. 3.81. Переносная плавучая косилка.

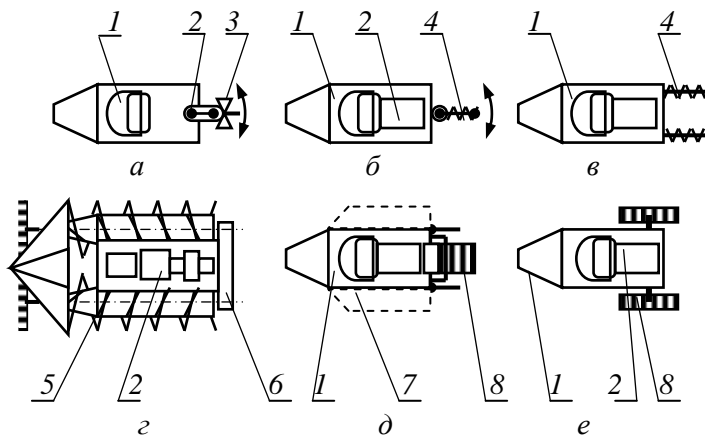


Рис. 3.82. Схемы мотоботов плавучих косилок: а – с подвесным лодочным мотором; б – со шнековым винтом; в – с двумя винтами; г – на шнековых понтонах; д – с гребным колесом; е – с двумя гребными колесами.

Силовой установкой 2 является бензиновый или дизельный двигатель, установленный на борту стационарно, или подвесной лодочный мотор 2 (рис. 3.82,а). В качестве движителей используются: лопастные винты 3, шнековые винты 4, гребные или колеса ходовые 5. Шнековые движители и гребные колеса менее подвержены опасности наматывания всплывающей срезанной растительности по сравнению с винтами. Изменение направления движения производится поворотом подвесного мотора, винта (рис. 3.82,б) или руля. При наличии двух шнековых винтов (рис. 3.82,в) или двух гребных колес (рис. 3.82,е) маневрирование осуществляется изменением направления их вращения. Для повышения устойчивости к бортам мотобота могут крепиться дополнительные понтоны 7 (рис. 3.82,д).

Существуют косилки, например косилка КП-2М (рис. 3.82,г), базирующиеся на двух цилиндрических понтонах, имеющих на внешней поверхности шнеки противоположного направления навивки. Для обеспечения передвижения шнеки посредством редуктора 6 вращаются в противоположные стороны. Изменением скорости и направления вращения понтонов производится маневрирование косилки.

Большинство машин обеспечиваются съемными кабинами или тентами.

Более подробно один из вариантов мотобота показан на рис. 3.83.

Основой является корпус 1 из алюминиевого сплава, на котором смонтирована силовая установка 4, пост управления 2, сиденье оператора 3. Передвижение и управление мотоботом производится шнековым винтом 6, приводимым в действие посредством поворотного редуктора 5.

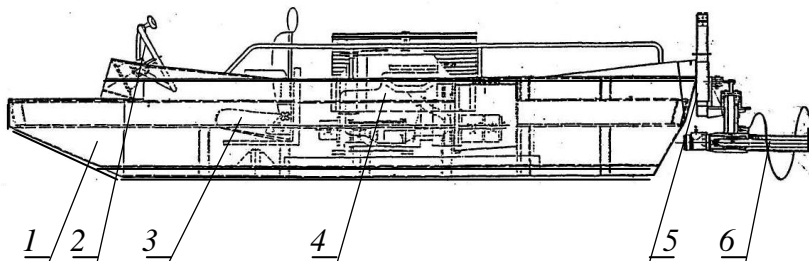


Рис. 3.83. Мотобот с поворотным шнековым винтом.

Срезание растительности плавучими косилками производится V-образным рабочим органом (рис. 3.84,а) или поворачивающейся дисковой пилой (рис. 3.84,б). V-образный рабочий орган совершает возвратно-поступательные движения, подрубая растительность, которая затем всплывает. Косилка с дисковой пилой, вращаясь, подрезает вод-

ную растительность. Для увеличения ширины захвата она совершает вместе с рукоятью дополнительно и качательные движения. В настоящее время более распространенными являются сегментные рабочие органы с Т-образными или U-образными режущими брусьями, а также волочащейся (траловой) косой.

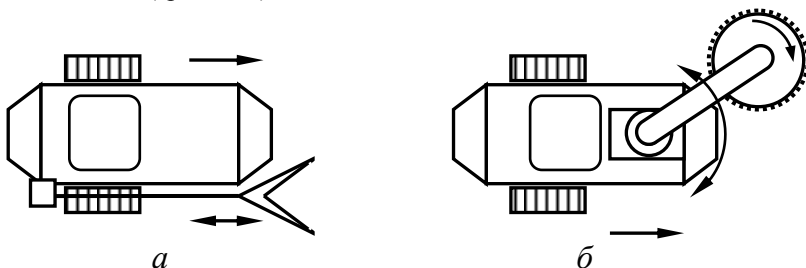


Рис. 3.84. Схемы косилок: а – с V-образным рабочим органом; б – с дисковой пилой.

Схема косилки с волочащейся косой показана на рис. 3.85. Мотобот 1 с силовой установкой 11 перемещается посредством гребного колеса 9, приводимого во вращение силовой установкой. Поворачивается мотобот посредством двух рулей 6, управляемых с поста 2. Срезание растительности производится при движении мотобота вперед волочащейся горизонтальной косой 7, которая совершает колебательные движения в горизонтальной плоскости, и двумя вертикальными косами 8. Коса подвешена на гибких связях и рычагах 5. Колебания волочащейся косы обеспечиваются тягами 10, связывающими косу с кривошипами 4. Регулирование глубины опускания и привод косы в транспортное положение производится вращением рукоятки 3 с винтовым валом. Вращение рукоятки вызывает поворот рычагов 5 и подъем косы.

Т-образный рабочий орган состоит из сегментных горизонтального и вертикального режущих брусьев, установленных на стреле или рычагах. На рис. 3.86 показана схема косилки с Т-образным рабочим органом 1, установленным в рабочее положение. Перевод его в транспортное положение производится натягиванием каната 3 посредством лебедки 4. При этом рабочий орган поднимается вверх на двухзвенной стреле 6. Привод рабочего органа обеспечивается от двигателя посредством карданной передачи с редуктором 2. Перемещение мотобота осуществляется шнековым винтом 5, который может поворачиваться в горизонтальной плоскости, что необходимо для маневрирования.

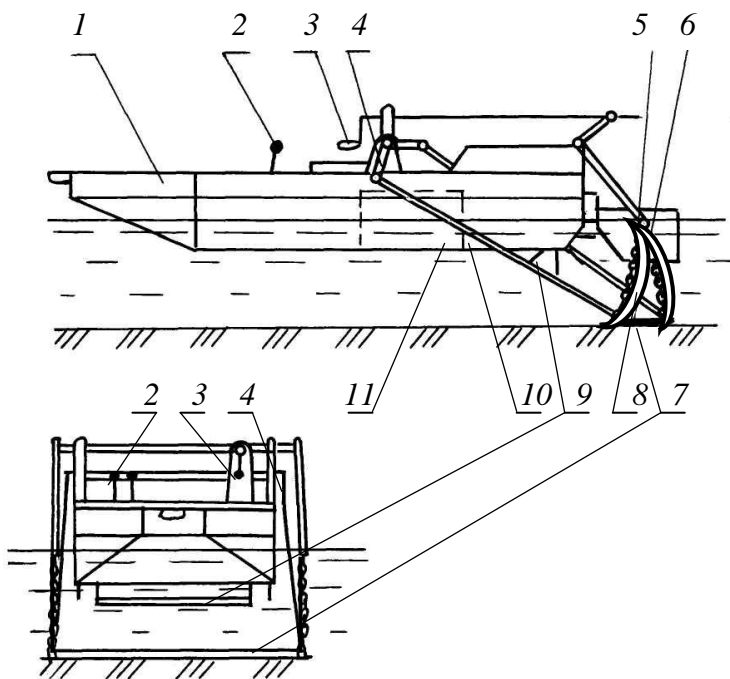


Рис. 3.85. Схема косилки с волочащей косой.

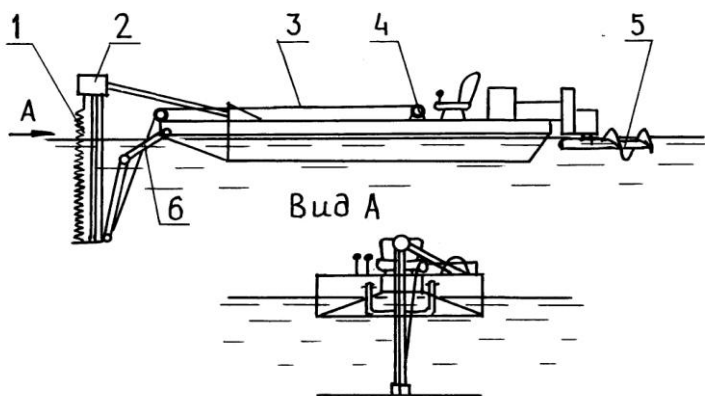


Рис. 3.86. Схема косилки с Т-образным рабочим органом.

Вид косилки с Т-образным рабочим органом и лопастным гребным колесом показан на рис. 3.87.



Рис. 3.87. Косилка с Т-образным рабочим органом.

Аналогичная лодка марки ЛКС-6400 выпускается ОАО «Пинский КСИ». Она имеет ширину захвата 2,2 м, максимальное заглубление – 1,8 м, техническую производительность – 0,4 га/ч, рабочую скорость – 5 км/ч, осадку – 0,35 м, массу – 1500 кг.

Подобная лодка-косилка марки ЛК-12 с Т-образным сегментным рабочим органом выпускается предприятием «Бобрыйсагромаш», но передвижение обеспечивается посредством двух гребных колес. Режущий аппарат и колеса приводятся в действие двигателем Хонда мощностью 8 кВт или МТЗ-08 мощностью 5 кВт. Лодка-косилка имеет производительность 0,2...0,6 га/ч, массу – 810 кг, скорость рабочего передвижения – 2,5...4,0, транспортного – 8 км/ч, ширину захвата – 2,1, максимальную глубину срезания растительности – 1,0, осадку – 0,22 м.

Схематически лодка-косилка показана на рис. 3.88. Спереди установлен Т-образный режущий аппарат 1, который поднимается и опускается вместе с рамой 4 вручную посредством лебедки 7 с тросом 2. Двигатель 5 установлен в центре лодки и посредством цепной передачи 8 приводит в действие гребные колеса 9 и карданной передачей 3 – режущий аппарат. Маневрирование производится с помощью двух рулей 10, управляемых рулевым колесом 6.

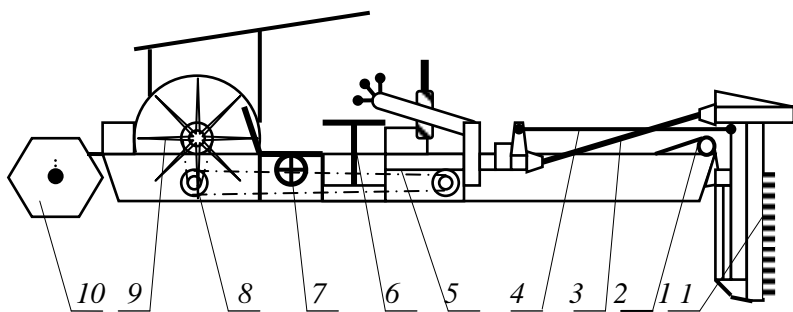


Рис. 3.88. Схема косилки ЛК-12.

Более подробно система управления рулями показана на рис. 3.89.

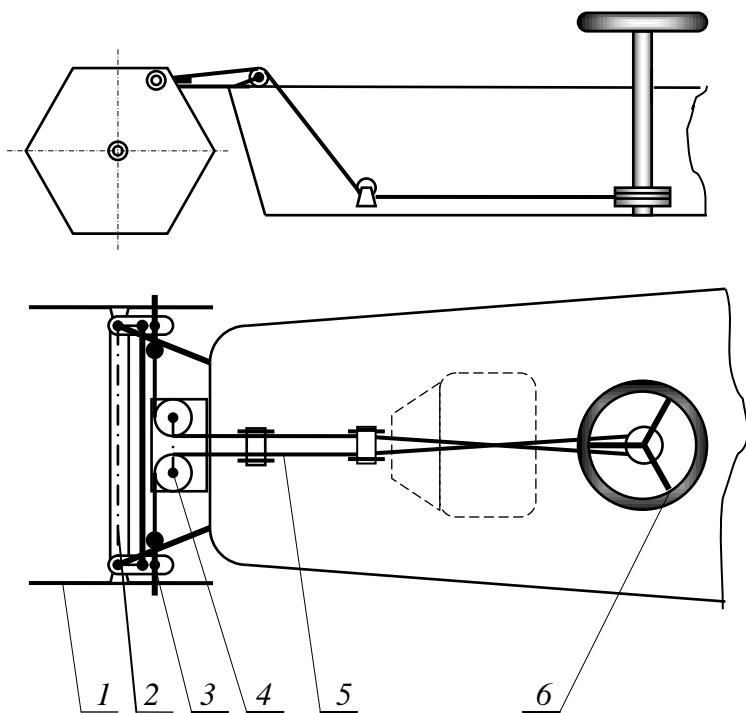


Рис. 3.89. Схема рулевого управления косилки ЛК-12.

Поворот рулевого колеса 6 приводит к перемещению тросовых тяг 5, огибающих блоки 4. При этом происходит перемещение регулировочных тяг 3 и поперечины 2, поворачивающей рули 1. Винты регулировочных тяг 3 позволяют обеспечить требуемое натяжение тросов 5.

Рабочий пост управления косилкой ЛК-12 и вид на гребные колеса показаны на рис. 3.90. Вид на силовую установку этой косилки дан на рис. 3.91.

Существует также вариант косилки без рулей.



Рис. 3.90. Рабочий пост управления лодкой-косилкой ЛК-12.

Наибольшей приспособляемостью к профилю окашиваемого сооружения имеет косилка с Т-образным рабочим органом, навешенным на поворотную стрелу. На рис. 3.92 показана такая косилка с рабочим органом, находящимся в транспортном (поднятом) положении.

Косилка способна срезать растительность на глубине до 1,8 м, имеет ширину захвата 2,25 м и может работать по схемам, приведенным на рис. 3.93.

Некоторые подобные косилки имеют возможность установки дополнительного бокового рабочего органа, позволяющего расширить возможности машины. На рис. 3.94 показана косилка с основным 1 и дополнительным боковым 2 рабочими органами, находящимися в транспортном положении. С целью уменьшения крена к бортам мотора 3 крепятся дополнительные понтоны 4.



Рис. 3.91. Силовая установка лодки-косилки ЛК-12.



Рис. 3.92. Лодка-косилка с Т-образным рабочим органом.

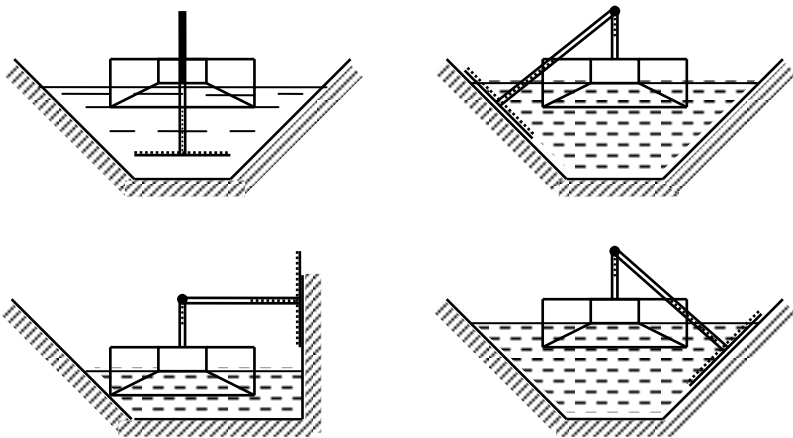


Рис. 3.93. Основные положения рабочего органа косилки с поворотным Т-образным рабочим органом.



Рис. 3.94. Косилка с основным Т-образным и дополнительным боковым рабочими органами.

Для окашивания берега или откоса может использоваться легкая плавучая косилка с боковым сегментным рабочим органом. Схематически в виде спереди она показана на рис. 3.95. Необходимое положение

ние рабочего органа 1 устанавливается посредством его поворота в поперечной плоскости. Рабочий орган с приводом смонтирован на раме 2, установленной на мотоботе 3.

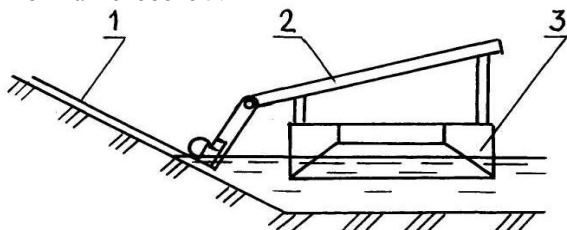


Рис. 3.95. Плавающая косилка с боковым сегментным рабочим органом.

Схема машины с сегментным П-образным рабочим органом показана на рис. 3.96. Рабочий орган 1 посредством П-образной рамы 2 навешен на мотобот 3, перемещающийся с помощью двух гребных колес 4, имеющих по восемь лопастей. Рабочий орган, будучи установленным в рабочее положение, срезает растительность двумя вертикальными и горизонтальными активными режущими брусками с сегментными режущими аппаратами.

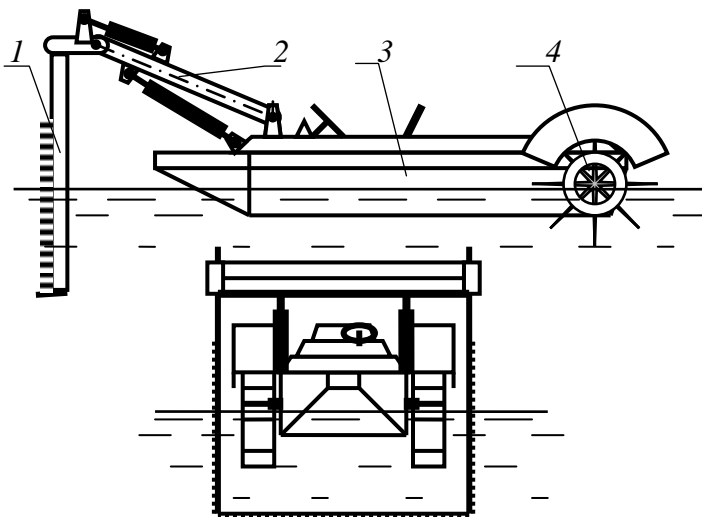


Рис. 3.96. Схема косилки с П-образным рабочим органом.

На мелководе может использоваться косилка (рис. 3.97), у которой гребные колеса 4, приводимые в действие цепной передачей 2, изме-

няют свое положение по высоте посредством гидроцилиндра 3. При опускании на дно они могут использоваться как двигатели мотобота 1 или как его опоры.

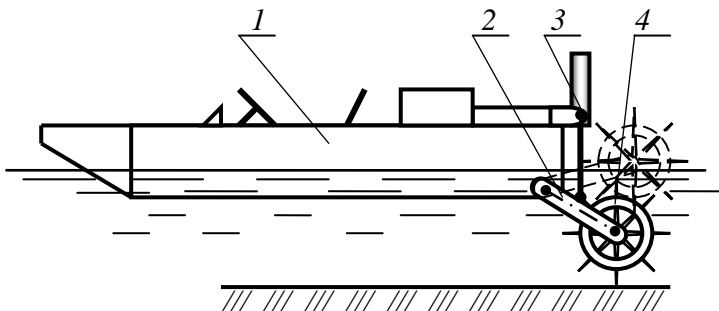


Рис. 3.97. Косилка для мелководья.

В России выпускаются косилки КП-2,0 и КПМ-2,5, базирующиеся на двух плавучих шнековых понтонах 3 (рис. 3.98).

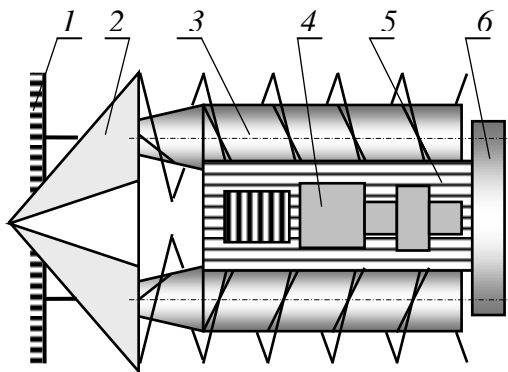


Рис. 3.98. Косилка КП-2,0 на шнековых понтонах.

Шнеки имеют противоположную навивку лент и приводятся во вращение от силовой установки 4 посредством редуктора 6, установленных на палубе 5. При движении по прямой шнеки вращаются в противоположные стороны и при вращении перемещают косилку, которая сегментным рабочим органом 1 срезает водную растительность. Растительность всплывает, раздвигается щитами отвала 2 и смещается к корме витками шнеков. Шнеки, приводимые во вращение двигателем мощностью 6,8 кВт, имеют возможность реверсироваться и вращаться

с разными скоростями, что позволяет легко менять курс и реверсировать ход косилки. Косилка имеет осадку 0,4 м, ширину захвата – 2,2 м и может скашивать растительность над водой на высоте 0,3 и под водой на глубине до 1,4 м.

Кроме того, в России производится плавучая косилка, выполняющая процесс срезания растительности в газовой среде, чем обеспечивается снижение усилия резания и ускоренное всплытие срезанной растительности.

Косилка-амфибия, показанная на рис. 3.99, имеет полиуретаногусеничный движитель и может работать, двигаясь по дну или находясь в плавучем состоянии. Она также может без дополнительного транспортного средства перемещаться по суше, что необходимо при смене места работы.

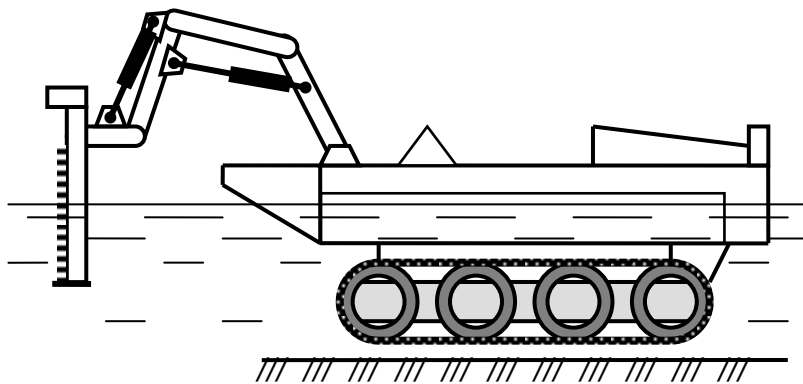


Рис. 3.99. Косилка-амфибия на гусеничном ходу.

Более мобильной является косилка-амфибия на колесном ходу, вид которой показан на рис. 3.100. Однако для удобства перемещения из канала в канал, желательно на мелиоративной системе предусматривать устройство съездов.

Для повышения плавучести и устойчивости косилки-амфибии снабжаются боковыми понтонами.

Для сбора срезанной растительности применяются мотоботы с вилочным рабочим органом, показанным на рис. 3.101. Собранная растительность выгружается на берег или баржу.



Рис. 3.100. Косилка-амфибия на колесном ходу.



Рис. 3.101. Мотобот для сбора срезанной растительности.

Такое же оборудование может устанавливаться и на мотобот-амфибию (рис. 3.102).



Рис. 3.102. Мотобот-амфибия для сбора срезанной растительности на гусеничном ходу.

Срезание, накопление и транспортирование растительности может выполняться машинами с П- или U-образным режущим аппаратом и транспортерами для подачи срезанной растительности в накопители. Подобные машины показаны на рис. 3.103.

Для накопления, транспортирования и выгрузки растительности могут использоваться баржи с установленным на них гидравлическим полноповоротным двухчелюстным грейферным оборудованием.

Полный комплекс работ по срезанию, накоплению, транспортированию и выгрузки водной растительности выполняется плавучими уборочными машинами или комбайнами с накопительными бункерами вместимостью от 4 до 15 м³. Максимальная глубина погружения режущего аппарата от 1,2 до 1,8 м. Сегментный U-образный режущий аппарат 1 (рис. 3.104) крепится к П-образной раме 2 с гидравлическим управлением 5. На машинах с емкостью бункера 10 м³ и более устанавливается регулируемая по высоте кабина 8. Возможность изменения положения кабины позволяет обеспечивать проход машины под мостами, устанавливать кабину в позицию с наилучшим обзором или повышать устойчивость машины. Машины меньшей вместимости обеспечиваются съемным тентом.



Рис. 3.103. Плавающие косилки с накопителями срезанной растительности.

Рабочий процесс протекает следующим образом. Машина с работающим режущим аппаратом 1 движется вперед, срезая растительность горизонтальным и двумя вертикальными режущими брусьями. Срезанная растительность подхватывается пластинчатым транспортом 4 и перемещается к бункеру 7. Расплыванию растительности препятствуют сетчатые боковые щиты 3. Поднятая в бункер растительность попадает на движущееся дно 6, перемещающее по мере необходимости растительность к задней части бункера, обеспечивая тем самым его равномерную загрузку.

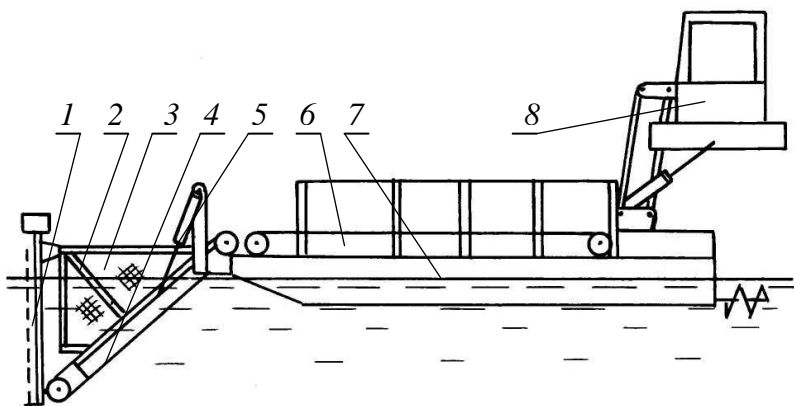


Рис. 3.104. Схема плавучего комбайна для удаления водной растительности.

Схема уборочного комбайна приведена на рис. 3.105. Он имеет аналогичный режущий аппарат 1, транспортирующие органы 2 и 3 и бункер 4. Однако кабина 5 расположена над бункером, за кабиной установлено погрузочно-разгрузочное грейферное оборудование 6 и, кроме того, существуют машины, у которых к кормовой части шарнирно прикреплены управляемые гидроцилиндрами две колесные опоры 7, способные погружаться в воду на глубину до 5 м и обеспечивающие высокую устойчивость комбайну, особо необходимую во время работы грейферного оборудования или ковша, который также может быть установлен в виде сменного рабочего органа при выполнении работ по очистке и углублению двсла.

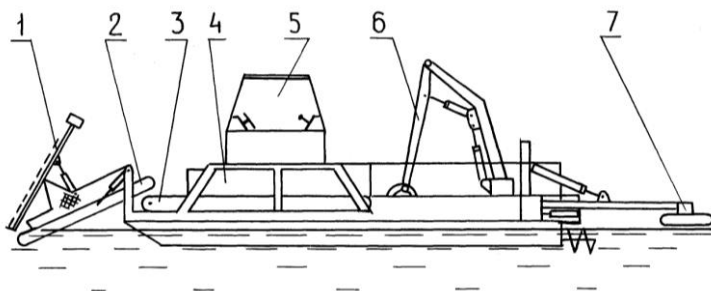


Рис. 3.105. Схема плавучего комбайна с колесными опорами.

Вид комбайна показан на рис. 3.106, а процесс разгрузки растительности грейферным захватом – на рис. 3.107.



Рис. 3.106. Вид плавучего комбайна для удаления водной растительности.



Рис. 3.107. Процесс выгрузки из бункера срезанной водной растительности.

3.9. Машины для угнетения и уничтожения растительности

В данную группу входят машины огневого, химического, механического и электроискрового действия. Машины огневого действия (травосжигатели) выпускаются навесными и полуприцепными. Навесное оборудование (рис. 3.108) состоит из стрелы 1, рукояти 2, форсунки 3 и гидроуправления 4. К форсунке насосом подается топливо и вентилятором подается воздух. Сгорающая в форсунке топливовоздушная смесь образует факел, который направляется стрелой в нужное место и периодически перемещается поперек канала, сама машина движется вдоль канала. Полуприцепные базируются на одноосной тележке. Они состоят из самой тележки, топливного бака, насоса, вентилятора, приводимого в действие от вала отбора мощности, а также трубчатой стрелы с форсунками. Машина обрабатывает откос на ширине захвата стрелы.

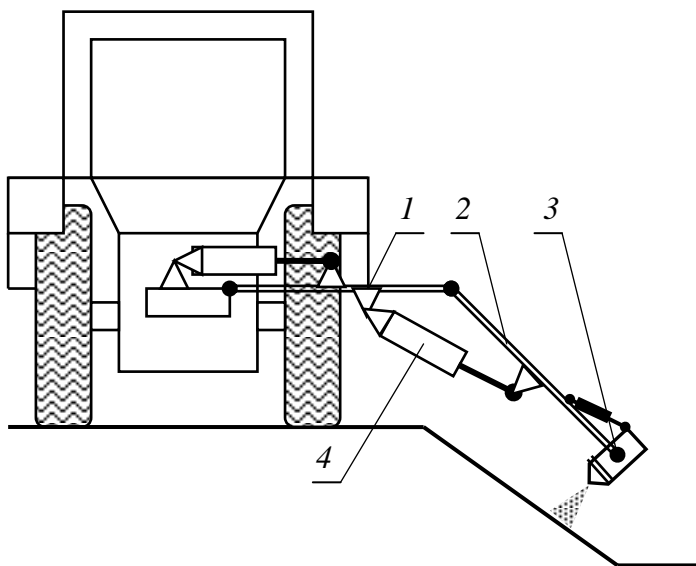


Рис. 3.108. Схема машины огневого действия.

Способ пожароопасен. Его можно с соответствующими мерами предосторожности применять, если грунтовые воды находятся от поверхности грунта не более, чем на 0,3 м. К тому же этот способ достаточно дорогой.

Машины химического действия аналогичны огневым, но могут применяться как для борьбы с травянистой, так и с древесно-кустарниковой растительностью. Так, например, навесные штанговые опрыскиватели марок «Зубр НШ 04.11.М2» и «Зубр НШ 06.11.М2» состоят из колесного трактора тягового класса не ниже 0,9 с навешенной на него емкостью соответственно 400 или 600 л с мембранно-поршневым насосом, регулятором давления, трехступенчатой системой фильтрации и штанговым опрыскивателем с восемью щелевыми и одним асимметричным распылителями. Положение опрыскивателя регулируется с помощью гидросистемы в зависимости от параметров канала и высоты кустарника.

Основные варианты положения штангового опрыскивателя показаны на рис. 3.109.

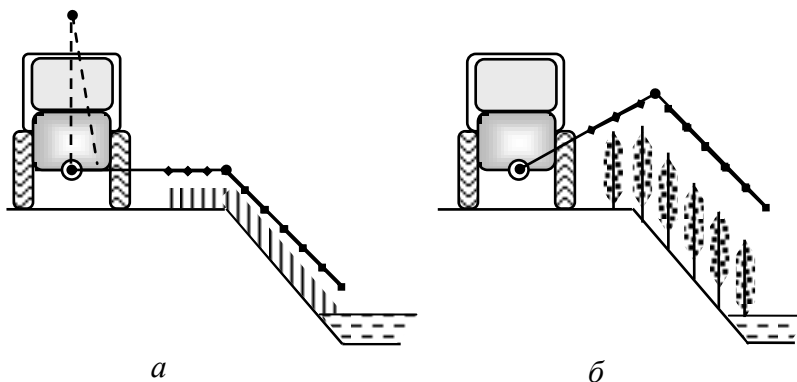


Рис. 3.109. Основные положения штангового опрыскивателя: а – транспортное и при обработке низкорослой растительности; б – при обработке высокорослой растительности.

Ширина горизонтальной полосы захвата составляет 9 м, скорость рабочего передвижения – до 9 км/ч. Для обработки каналов используются гербициды общего или избирательного действия. Основными средствами для борьбы с древесно-кустарниковой растительностью являются глифос, раундап и раундап макс. Последний является предпочтительным, так как при применении гербицидов глифос и раундап для наступления требуемого эффекта продолжительность между обработкой и возможным дождем должна составлять не менее 6 ч, тогда как для гербицида раундап макс достаточно 30 мин. Обработка производится в сухую безветренную погоду с соблюдением мер безопасности и строгим соблюдением норм расхода препаратов, так как гербициды

или арборициды достаточно дорогие и могут быть токсичными и экологически опасными.

Одним из возможных вариантов химической обработки каналов является способ, схематически представленный на рис. 3.110.

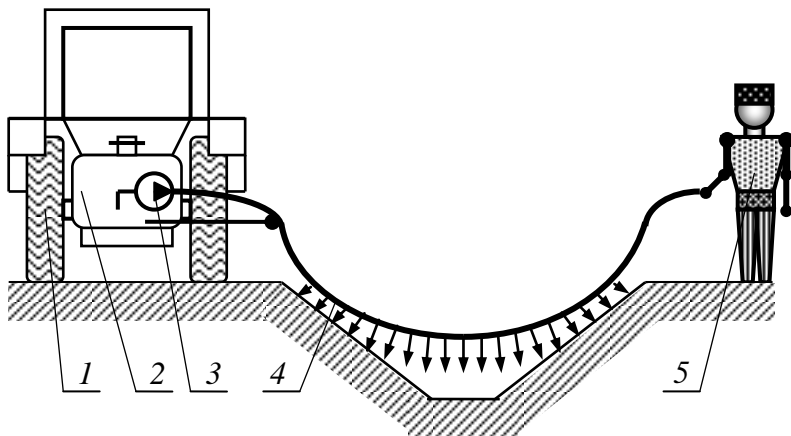


Рис. 3.110. Схема обработки канала.

По этой схеме жидкий препарат, находящийся в емкости 2, навешенной на трактор 1, насосом 3 нагнетается в шланг 4 с отверстиями или с распылителями. Второй конец шланга поддерживает оператор 5, перемещающийся вдоль канала синхронно с трактором.

Способ требует строгого выполнения требований по защите работников от возможного воздействия используемого препарата.

Угнетение растительности может выполняться методом электроискровой обработки. Для ее выполнения используется машина, имеющая поперечную штангу, на которую подается высокое напряжение (порядка 25 кВ). При перемещении штанги над растениями происходит электрический разряд по цепи штанга – растение – земля. Проходящий по растению ток разрушает ткань стеблей и корней, подавляя таким образом рост растений.

Для подавления роста травы могут применяться полотьники, подрезающие траву высотой до 20 см и срезающие почву на глубину до 1 см. Срезание производится двумя ножевыми барабанами диаметром 25 см, вращающимися с частотой до 2 с^{-1} и имеющими ширину захвата 37 см. Барабаны устанавливаются, например, на мотокультиваторы, показанные на рис. 3.111. Мотокультиваторы выпускаются с колесной опорой (рис. 3.111,а) и более легкие – без нее (рис. 3.111,б).



Рис. 3.111. Мотокультиваторы для угнетения растительности:
а – с колесной опорой; б – без колесной опоры.

4. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОМЫВАНИЯ И РЕМОНТА ЗАКРЫТОГО ДРЕНАЖА

4.1. Причины нарушения и способы восстановления работоспособности дренажа

Типичными и наиболее часто встречающимися причинами нарушения работоспособности закрытого трубчатого дренажа являются:

- ошибки при проектировании (недостаточный уклон или неправильно назначенная конструкция дрены);

- нарушения технологии строительства (отклонение от требуемого уклона, несоблюдение прямолинейности дна траншеи, несоблюдение величины зазора в стыках керамических трубок, неправильная укладка фильтрующих материалов, сдвигание, передавливание и разрушение труб и др.);

- заиливание;

- зарастание, т.е. проникновение в полость дрены корней растений;

- заохривание, т.е. заполнение сечения дрены карбонатами железа, алюминия, кремния, марганца;

- изменение соосности или уклона дрены в результате проседания грунта;

- подмывание дрены, или суффозия;

- забивание (кольматации) водоприемных отверстий и пор фильтрующих материалов.

В зависимости от причин нарушения работоспособности дрен и

особенностей дренажной сети применяются *химический, механический, гидравлический, гидромеханический и ультразвуковой (гидроакустический) способы очистки.*

Химический применяется для борьбы с заохриванием в грунтах, богатых железистыми соединениями. Обычно проводится раз в 4–5 лет. При проведении очистки дрен с применением данного способа вскрывается начало дрены, а устье закрывается пробкой. После этого в дренах подается водный раствор, содержащий 0,3 % серной кислоты и 2 % бисульфата натрия (NaHSO_4), или нагнетается газообразная двуокись серы (SO_2) в количестве 18,6 кг на 1 м^3 полости дрены. В дренах может подаваться и вода с предварительно растворенной в ней двуокисью серы из расчета 1 кг двуокиси на 57 л воды. Не менее чем через сутки раствор из дрены сливается.

Способ экологически опасен.

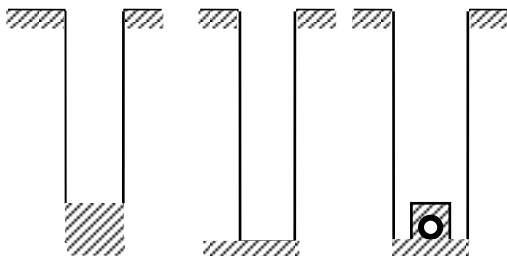


Рис. 4.1. Схемы вскрытия дрены: а – с недобором; б – рядом с дренаем; в – специальным ковшом.

При *механической очистке* используется несколько вариантов работ. При необходимости вскрытия дрены, что выполняется при местных повреждениях, дрена вскрывается с недобором (рис.4.1,а), с прокладкой траншеи рядом с дренаем (рис. 4.1,б) или с прокладкой траншеи специальным ковшом (рис. 4.1,в). По первым двум вариантам могут использоваться как многоковшовые, так и одноковшовые экскаваторы, по второму применяется одноковшовый со специальным ковшом (рис.4.2) с удлиненными крайними зубьями. Трубки из траншеи выкапываются вручную, прочищаются, повреждение устраняется.

По другой технологии при зарастании или сильном заилении дрена вскрывается через каждые 25...30 м, затем из нее извлекают 2 или 3 трубки и по дрене против стока воды проталкивают проволоку или трос со спиралью на конце и с проволочным ершом. Для сокращения объемов работ используется способ с применением гибкого вала, состоящего из быстросоединяемых отрезков троса диаметром 8...32 мм и

длиной 10...30 м. Рабочим инструментом является специальный проволочный спиральный рыхлитель, закрепленный на рабочем конце гибкого вала. Рыхлитель вводится в дренаж, трос приводится во вращение вручную или посредством двигателя, устанавливаемого у устья дренажа. Вращающийся рыхлитель ввинчивается в дренаж и рыхлит отложения. По мере необходимости трос удлиняется. При наличии воды в дренаже рыхлые наносы выносятся водой, и способ можно классифицировать как гидромеханический.



Рис. 4.2. Специальный ковш с удлиненными крайними зубьями.

Существуют специальные приспособления и установки для механической очистки канализационных сетей. Они также могут использоваться и для очистки дренажей. Процесс очистки состоит во введении в очищаемую трубу или дренаж приводимого во вращение гибкого вала (троса) на конце которого закреплена специальная механическая насадка. На рис. 4.3 приведены варианты приспособлений с ручным приводом.



Рис. 4.3. Приспособления для ручной механической прочистки труб длиной: а – до 10 м; б – до 15 м.

Приспособление по первому варианту исполнения (рис. 4.3,а) имеет внутри пластмассового корпуса гибкий вал длиной 10 м, к выходному концу которого крепятся рыхлящие насадки или так называемые лопилки, предназначенные для извлечения посторонних закупоривающих трубу предметов. Приспособление можно приводить в действие вручную или насадить на дрель или шуруповерт.

Ручное механическое устройство (см. рис. 4.3,б) предназначено для чистки труб диаметром от 40 до 100 мм длиной до 15 м посредством гибкого вала диаметром 16 мм с соединительной муфтой, благодаря которой используются разнообразные насадки, включая крестообразный зубчатый бурав диаметром 35мм.

Близкое к этим устройство с ручным приводом, названное корнерезом, разработано в РУП «Институт мелиорации». Оно предназначено для очистки устьевой части коллекторов диаметром до 150 мм от корней растений. Длина гибкого вала – до 31,5 м, диаметр – 32мм. При транспортировке гибкие валы наматываются на два барабана.

Там же разработано устройство для ручной очистки коллекторно-дренажной сети с диаметром труб до 150 мм. Устройство представляет собой упругий стеклопластиковый стержень диаметром 10 мм, к концу которого крепится рыхлящая насадка. Стержень вводится в дренаж и насадка рыхлит отложения, которые выносятся потоком движущейся по дренажу воды. Длина стержня – 40 м. В транспортном положении он наматывается на барабан.

Электрическое устройство (рис. 4.4,а) для чистки труб диаметром 30...75 мм, на длину до 10 м, приводится в действие электродвигателем мощностью 360 Вт. Имеется бесступенчатое регулирование частоты вращения от 0 до 1000 об/мин. Управление спиралью производится вручную с помощью рукоятки автоматической подачи и обратного выталкивания спирали.

В качестве рыхлящих насадок используются спирали диаметром 8 или 10 мм и грушевидная головка со спиралью диаметром 10 мм длиной 10,6 м, а также крестообразное сверло диаметром 28 мм.

Машина для чистки труб (рис. 4.4,б) предназначена для прочистки труб диаметром до 200 мм. Она имеет электромеханический привод спирали. Управляется с помощью центральной прижимной ручки. Используются сменные спирали диаметром 8, 10, 16, 22 и 32мм. Электродвигатель имеет мощность 1,0 кВт. Чистит трубы длиной до 80 м со спиралью 32 мм. Машина обслуживается одним человеком, используется также на таких сложных работах, как очистка внутренних стенок труб от ржавчины и известкового налета, разрушение камней, кирпичей и бетонных пробок в трубах с помощью специальной насадки, фрезерование и резание корней.



Рис. 4.4. Приспособления с электроприводом для механической прочистки труб длиной: а – до 10 м; б – до 80 м.

Для прочистки труб диаметром от 50 до 250 мм предназначены передвижные машины, представленные на рис. 4.5.

Они легко транспортируются как вручную, так и в легковой машине. Могут перемещаться по ступенькам лестниц.



Рис. 4.5. Установки с электроприводом для механической прочистки труб длиной: а – до 80 м; б – до 100 м.

Первая из них (рис. 4.5,а) имеет реверсируемый привод от электродвигателя мощностью 1,4 кВт. Чистит трубы длиной до 80 м.

На рис. 4.5,б представлена усовершенствованная, по сравнению с первой, машина. Имеет двигатель мощностью 1,4 кВт. Чистит трубы длиной до 100 м.

Для прочистки труб на упомянутых выше установках используются насадки, показанные на рис. 4.6.

Наиболее часто используются различные спирали. Так называемые стандартные спирали, или прямые буры (рис. 4.6,а), часто навиваются из углеродистой проволоки и обычно имеют диаметр 8 или 16 мм.

Применяются для устранения непрочных закупок в относительно коротких, в том числе изогнутых, трубах.

Стандартные спирали с пластмассовым сердечником (рис. 4.6,б) обладают более высокой прочностью и устойчивостью к кручению по сравнению со стандартными спиралями без сердечников.

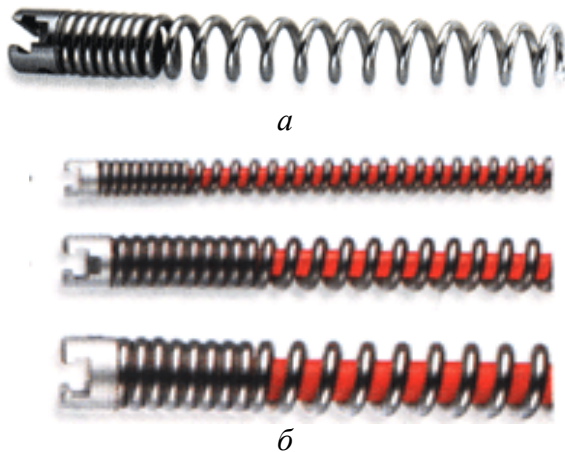


Рис. 4.6. Спиральные стандартные насадки для механической прочистки труб:
а – без стержня; б – с пластмассовым стержнем.

Спиральные насадки-ловилки используются для прочистки труб и извлечения закупоривающих трубу материалов или оборвавшегося инструмента. К ним относятся: конусообразная ловилка (рис. 4.7,а), грушевидная (рис. 4.7,б), грушевидная на шарнире (рис. 4.7,в) и крюкообразная (рис. 4.7,г). Последняя предназначена для извлечения из трубопроводов ветоши, тряпок, а также отсоединившихся рабочих насадок и спиралей.

Для разрушения закупориваний из достаточно мягких материалов и очистки внутренней поверхности трубы диаметром 50...200 мм от ржавчины и известкового налета используются цепные насадки с цепями без шипов и с шипами. На рис. 4.8 показаны цепные насадки с шипами с четырьмя (рис. 4.8,а) и с двумя цепями (рис. 4.8,б).

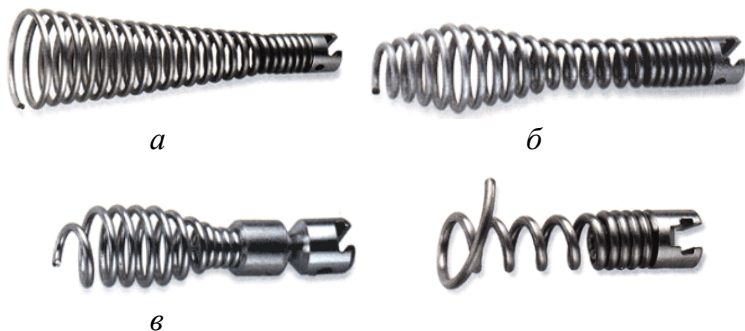


Рис. 4.7. Спиральные насадки для механической прочистки труб:
 а – конусная; б – грушевидная; в – грушевидная с зацепом;
 г – крюкообразная.

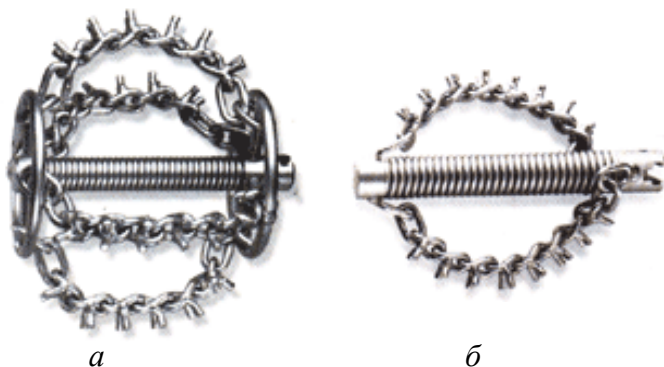


Рис. 4.8. Цепные насадки с шипами: а – с четырьмя цепями;
 б – с двумя цепями.

Для очистки внутренних поверхностей труб предназначены вильчатые скребки. В их числе гладкий вильчатый скребок (рис. 4.9,а), двойной гладкий вильчатый скребок (рис. 4.9,б) и вильчатый зубчатый скребок (рис. 4.9,в), причем последний из них называют универсальной рабочей головкой. Зубчатые лепестки данной головки могут быть заменены в зависимости от диаметра трубопроводов (100...200 мм).

Гладкие вильчатые очищают трубы внутренним диаметром 40...75, а двойные – 50...75 мм.

Для удаления песка и ила из трубопроводов, а также в качестве насадки второго захода используется насадка, называемая лопаточным изогнутым буром (рис. 4.10,а).



Рис. 4.9. Вилчатые скребки для механической очистки труб:
а – гладкий; б – гладкий двойной; в – зубчатый.

Специальной рабочей насадкой для прохода затвердевших засоров являются крестообразный зубчатый бурав (рис. 4.10,б) и усовершенствованный крестообразный зубчатый бурав (рис. 4.10,в).

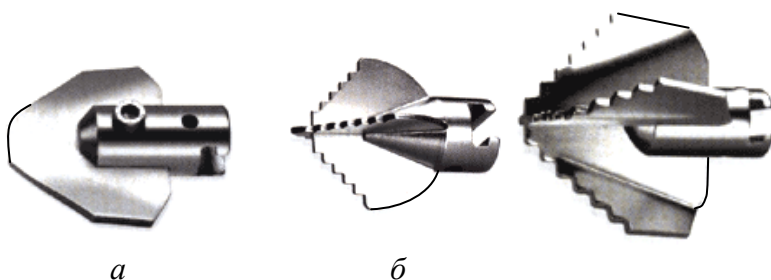


Рис. 4.10. Насадки для механической прочистки труб: а – лопаточный изогнутый бур; б – крестообразный зубчатый бурав; в – усовершенствованный крестообразный зубчатый бурав.

Одной из причин потери пропускной способности дрен и трубопроводов является их забивание прорастающими внутрь корнями растений. Насадки для их удаления называются резчиками корней.

Двухходовый резчик корней (рис. 4.11,а) крепится к гибкому валу и в полости трубы вращается и проталкивается вперед. Зубья насадки при этом перерезают корни. Двухходовый резчик корней – это специальная рабочая насадка для резки корней при перемещении её в обоих направлениях. Она пригодна также для удаления твердых засоров.

Зубчатый спиральный нож (рис. 4.11,б) – это спиральная рабочая насадка для измельчения засоров из корней и прочих волокнистых материалов. Применяется для труб диаметром 50...100 мм.

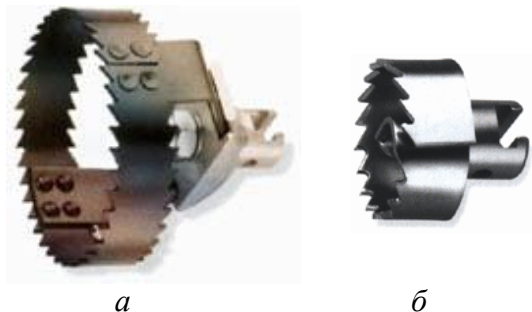


Рис. 4.11. Насадки для резки корней: а – двухходовый резчик корней; б – зубчатый спиральный нож.

Для дробления засоров из камней, кирпича, цементных пробок, солевых отложений применяются буры с насадками из твердых сплавов с регулируемыми (рис. 4.12,а) и нерегулируемыми (рис. 4.12,б) режущими пластинками.

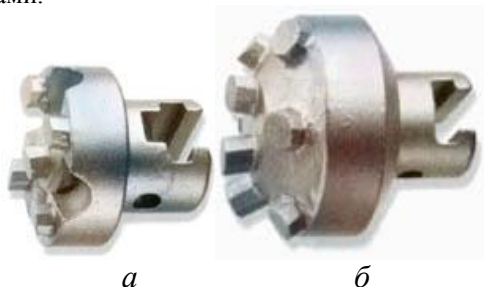


Рис. 4.12. Буры с насадками из твердых сплавов: а – с регулируемыми режущими пластинками; б – с нерегулируемыми режущими пластинками.

Гидравлический способ реализуется по различным вариантам. По одному из них в устье дрены или коллектора нагнетается вода до давления 0,1..0,2 МПа, которое затем резко сбрасывается. Вытекающая после этого из дрены вода смывает и удаляет наносы. Для повышения интенсивности очистки в дрене может дополнительно после сбрасывания давления создаваться вакуум. Толчки давления в дрене частично восстанавливают пропускную способность фильтрующего материала.

Промывка дрен может производиться путем подачи воды в дрину от ее истока. При этом исток дрены вскрывается путем отрывки шурфа или для промывки используются колодцы дренажной системы. Расход

воды, подаваемой в дрена, должен быть таким, чтобы скорость течения воды в дрене была не менее 2 м/с.

В зоне орошения может применяться устройство, схема работы которого показана на рис. 4.13. Устройство для очистки закрытых трубопроводов (коллекторов) состоит из насоса 2 с всасывающим 3 и нагнетательным 4 шлангами, стремянки 5, герметизирующего диска 7 с вихреобразующим патрубком 8, помещенного внутри закрытого трубопровода 9.

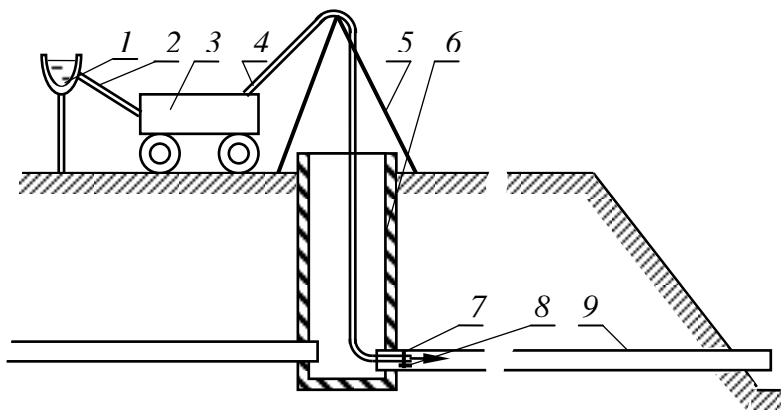


Рис. 4.13. Устройство для очистки закрытых трубопроводов.

Сущность способа очистки заключается в том, что воду из оросителя 1 подают в закрытый трубопровод под давлением водяного столба, создаваемого с помощью насоса и стремянки. При этом за счет гидравлического удара и вихреобразующего положения патрубка достигается завихрение воды у входа в трубопровод, что обеспечивает разрушение наносов и унос их водой к следующему колодезю 6 (или шурфу, открытому коллектору и т.д.).

Наиболее производительным и широко применяющимся является способ с использованием дренапромывочных машин, производящих промывку реактивными головками.

4.2. Машины для промывания и ремонта дрен

Сущность работы дренапромывочных машин состоит в том, что в дрена вводится шланг с головкой, имеющей отверстия, из которых истекает вода, подаваемая по шлангу. Вода размывает и выносит отложения и за счет реактивных сил, создаваемых вытекающими через отверстия струями, протягивает по дрене головку вместе со шлангом.

Оператор машины может вручную помочь продвижению шланга в дренах. Некоторые машины облегчают продвижение головки за счет принудительного вращения барабана со шлангом специальным механизмом с гидроприводом или шланг проталкивается специальным механизмом.

Наиболее распространенная конструкция шланга с головкой показана на рис. 4.14. Головка 1 навинчивается на штуцер 2. Соединение уплотняется прокладкой 6. Шланг 3 к водяному насосу подсоединяется посредством штуцера 5. Необходимая прочность соединения шланга со штуцером обеспечивается кольцом 4. При незначительном заиливании дрена применяется головка без переднего отверстия.

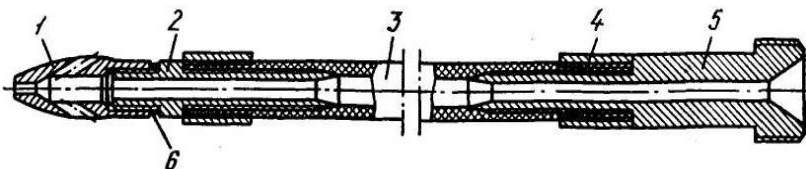


Рис. 4.14. Конструкция шланга с головкой.

Конструктивные размеры головок и напорных шлангов приведены на рис. 4.15.

Головка с двухслойным шлангом, предназначенная для промывания дрен диаметром не менее 50 мм, показана на рис. 4.15,а.

Для промывания коллекторов предназначена головка большего размера (рис. 4.15,б).

Головка, предназначенная для промывания дрен малого диаметра, показана на рис. 4.15,в. Она имеет улучшенную форму и сменную переднюю часть. Это позволяет подбирать переднюю часть с фронтальным отверстием нужного диаметра.

Головка с отверстиями улучшенной формы и уменьшенным углом отклонения задних отверстий показана на рис. 4.16,а. У данной головки имеется возможность замены передней части с отверстием.

В США применяется головка с боковыми отверстиями, показанная на рис. 4.16,б. Такая головка более интенсивно очищает стенки дрен, но требует большего расхода воды.

В машине УПД-120 применяется головка с боковыми, наклоненными вперед, отверстиями (рис. 4.17). Она состоит из корпуса 1, соединяемого резьбовой частью со штуцером напорного шланга, и передней части 2 с боковыми и передним отверстиями. Создающаяся при работе такой головки реактивная сила, противодействующая продвижению головки вперед, преодолевается специальным проталкивающим механизмом, который описан ниже.

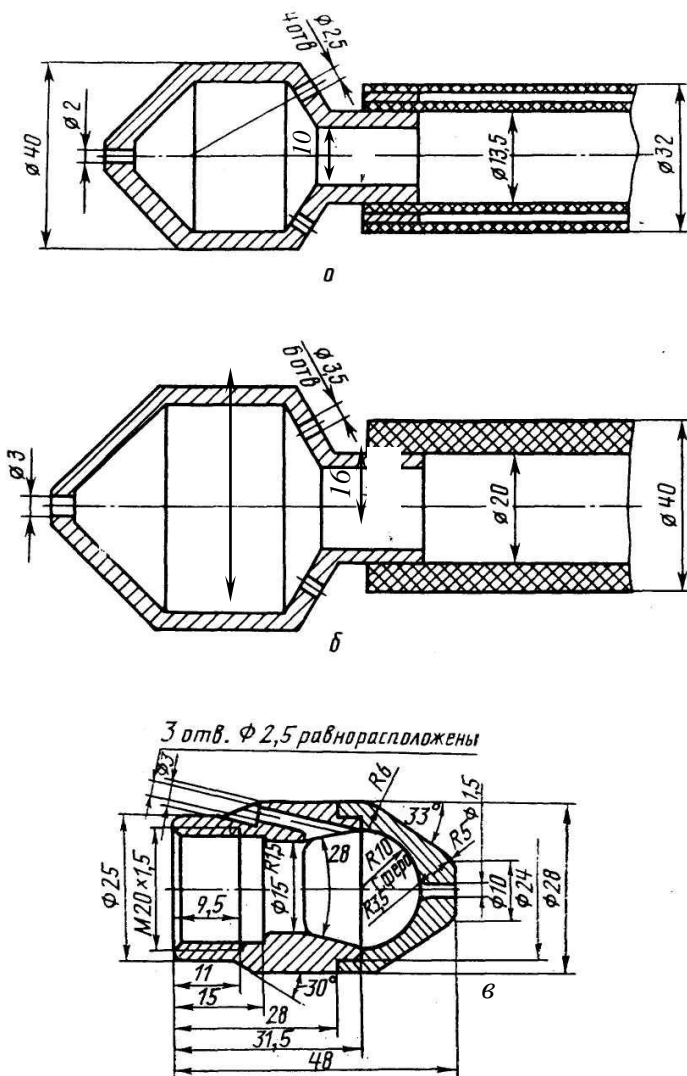


Рис. 4.15. Конструктивные размеры головок: а – с двухслойным шлангом; б – для промывания коллекторов; в – для промывания дрен.

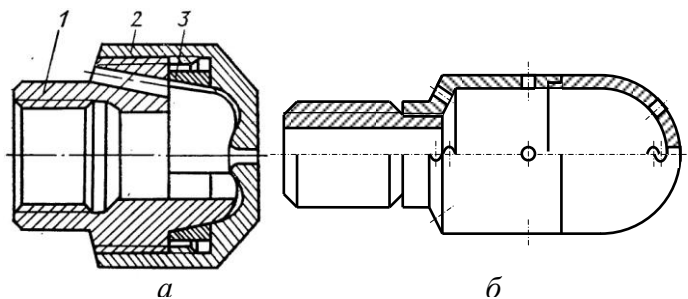


Рис. 4.16. Головки: а – с отверстиями улучшенной формы; б – с боковыми отверстиями.

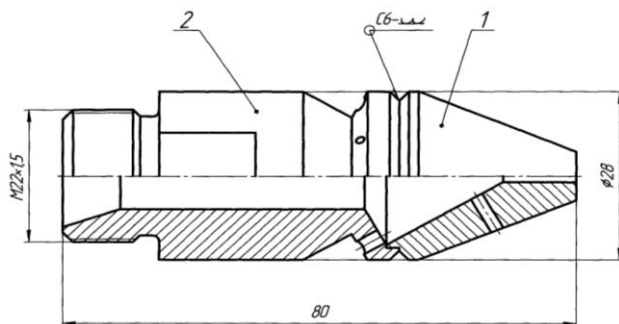


Рис. 4.17. Конструкция головки машины УПД-120.

Общий вид этой головки приведен на рис. 4.18.



Рис. 4.18. Общий вид реактивной головки УПД-120.

Для промывания дрен большого диаметра и коллекторов предназначена *головка с увеличенным углом наклона задних отверстий* и сменным соплом с передним отверстием (рис. 4.19).

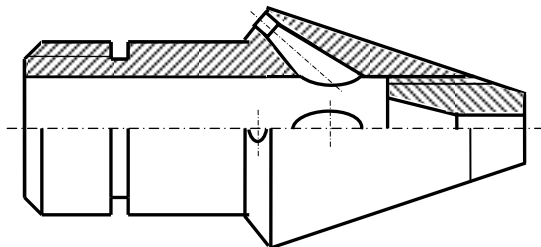


Рис. 4.19. Головка с увеличенным углом наклона задних отверстий.

При сильном заиливании дрены могут использоваться головки с несколькими передними отверстиями или для дрен большого диаметра – *головка с вращающимся корпусом*, показанная на рис. 4.20.

Вода в головку поступает по наконечнику 1 в корпус 3 с тангенциальным 6, задним 2 и передним 5, отклоненным от оси вращения, соплами. Вода, истекающая из сопла 5, размывает наносы, из сопла 6 вращает головку, из сопла 5 продвигает головку по дрене.

Возможность вращения корпуса относительно наконечника обеспечивается подшипниковым узлом 4.

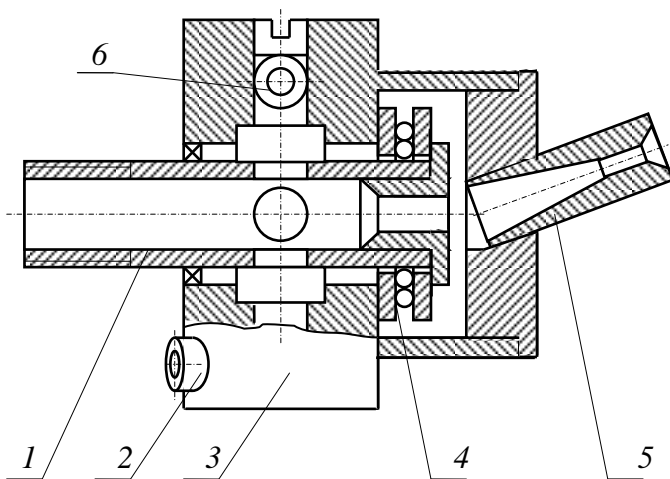


Рис. 4.20. Головка с вращающимся корпусом.

Для активизации процесса разрушения отложений используются машины с пульсирующей подачей воды или головки, создающие пульсацию давления, машины, обеспечивающие промывку водо-воздушной смесью, а также машины с гидроакустическими и гидромеханическими головками.

Схема головки для водно-воздушной промывки дрен показана на рис. 4.21. Для работы такой головки необходим двойной шланг. По внутреннему шлангу во внутренний корпус 1 подается вода, а по охватывающему в наружный корпус 2 – воздух. Вода истекает из сопла 4, смешивается внутри головки с воздухом и в виде водо-воздушной смеси истекает из переднего отверстия 5 и задних 3.

Такой способ работы интенсифицирует процесс очистки и снижает расход воды, однако усложняет конструкцию машины.

Гидроакустические головки снабжаются генераторами ультразвуковых колебаний большой амплитуды. Ультразвуковые колебания в зоне расположения головки ведут к образованию и захлопыванию пузырьков в воде, заполняющей дренаж. Микрогидроудары, сопровождающие захлопывание пузырьков, разрушают отложения. Похожий процесс протекает и при использовании головок, подающих в дренаж водо-воздушную смесь.

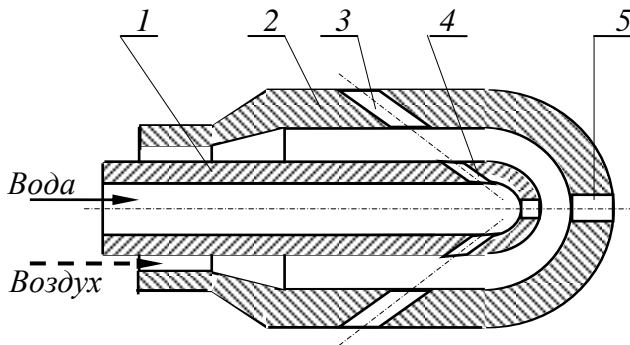


Рис. 4.21. Схема головки для водно-воздушной промывки дрен.

Пульсация давления воды или прерывистость струй, истекающих из сопел головки, меняет режим истечения и силу воздействия струй на наилкок. Это повышает эффективность размывания наилкока и снижает расход воды. При пульсирующей подаче воды от насоса вследствие эластичности шланга и большой его длины происходит сглаживание пульсаций, что снижает эффективность работы машины. Поэтому более перспективным представляется способ, при котором пульсация

давления или прерывистость струй обеспечивается самой промывочной головкой. Одна из конструктивных схем, предложенных А. В. Михеевым, А. А. Коршиковым и Л. И. Назаренко, приведена на рис. 4.22.

Головка с импульсной подачей воды (гидравлический насадок) работает следующим образом. По шлангу вода подается в корпус 1 (рис. 4.22,а) и поступает в камеру 13, воздействуя при этом на поршень 12. При достаточном давлении воды поршень преодолевает сопротивление пружины 7 и перемещается в крайнее правое положение. При этом камера 13 сообщается с кольцевым пазом 5 и вода начинает истекать из выходных задних отверстий 4 и тангенциальных отверстий 11. Благодаря тангенциальному расположению отверстий 11 истекающая из них вода создает вращающий момент и вращающаяся головка 8, соединенная с корпусом 1 посредством подшипника скольжения 3, начинает вращаться. Истекающие струи воздействуют благодаря вращению на всю внутреннюю поверхность дренажной трубы. Кроме того, вода одновременно из камеры 5 по продольным каналам 6 поступает в камеру 15 и истекает через переднее (лобовое) отверстие 9.

Суммарная площадь поперечного сечения продольных каналов 14 значительно превосходит площадь поперечного сечения отверстия 9, в результате чего давление в камерах 5 и 10 начинает выравниваться. Тогда поршень 12 под действием пружины 7 переместится в крайнее левое положение и перекроет кольцевой паз 5. Вследствие этого прекратится истечение воды из отверстий 4, 9 и 11. Резкое перекрытие отверстий 4 и 9 ведет к возникновению гидроудара, что значительно повышает давление в камере 13, а в камере 10 давление оказывается ниже благодаря тому, что она сообщена с внешней средой посредством отверстия 9. Разность давлений приводит к перемещению поршня 12 в крайнее правое положение, и вода вновь начнет истекать из отверстий 4, 9 и 11, но с более высокой скоростью. Далее цикл повторяется. Для предотвращения заклинивания вращающейся головки за счет ее возможного трения о трубу или наносы головка оснащена направляющими лыжами 2.

Положение головки в дрене показано на рис. 4.22.б. Стрелками показано направление вращения головки и направление истечения струй из задних и тангенциальных отверстий.

Гидромеханические головки совмещают механическое рыхление наносов с гидравлическим удалением их из дрены. Один из вариантов такой головки схематически показан на рис. 4.23. Вода поступает в корпус 1 и действует на турбинку 2 валиком 3, соединенную с тангенциальными соплами 5 и ершом 4. Движение воды заставляет вращаться турбинку, а вместе с ней тангенциальные сопла и ерш, разрушающий отложения в дрене. Вода, истекающая из тангенциальных сопел, увеличивает силу воздействия ерша на наносы и выносит наносы из зоны

разрушения. Истекающая из боковых сопел 5 вода продвигает головку вдоль дрены.

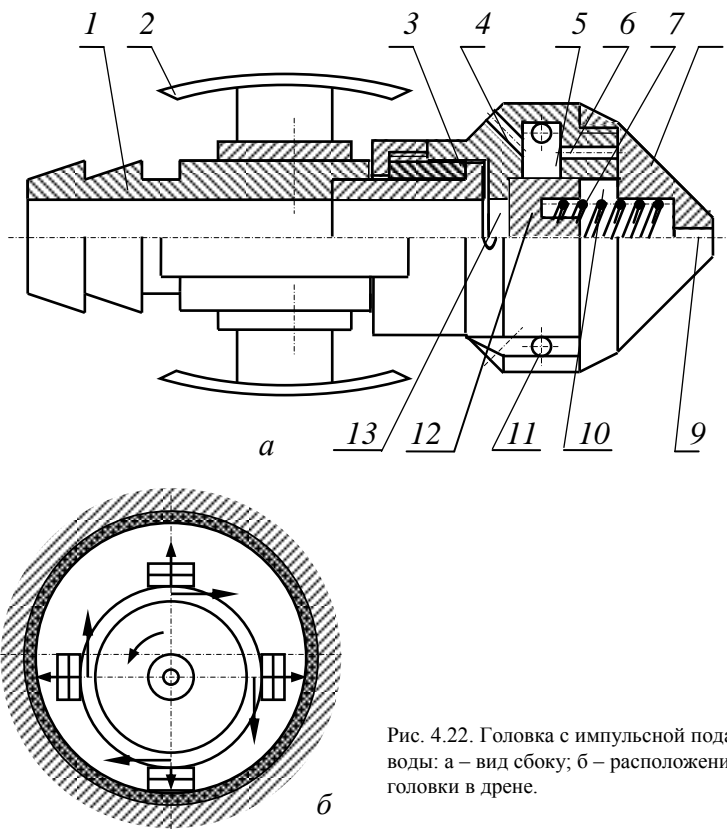


Рис. 4.22. Головка с импульсной подачей воды: а – вид сбоку; б – расположение головки в дрене.

Оборудование дренопромывочных машин базируется на колесных или гусеничных тракторах, иногда на грузовых автомобилях. Оно также может входить в состав комплекса для эксплуатационно-ремонтных работ, основой для которого обычно служит одноковшовый экскаватор на базе колесного трактора. Вариантом дренопромывочного оборудования на базе гусеничных тракторов является комплекс, имеющий марку ПДТ-125. В состав комплекса входит трактор с полуприцепным дренопромывочным оборудованием, основными частями которого являются трехплунжерный насос, редуктор привода барабана

с водопроводящим рукавом и наматываемыми на барабан двумя дренапромывочными шлангами с реактивными головками. Оборудование приводится в действие от вала отбора мощности трактора и установлено на одноосной тележке. Кроме того, комплект включает в себя трактор с прицепленными к нему двумя цистернами, в которых доставляется запас воды, необходимый для работы комплекса при недостатке её в мелиоративной сети. Для снижения расхода воды за счет обеспечения ее очистки и повторного использования на цистерне установлен осветлитель. Забор пульпы, вынесенной из дрены, и подача пульпы в осветлитель производится насосом.

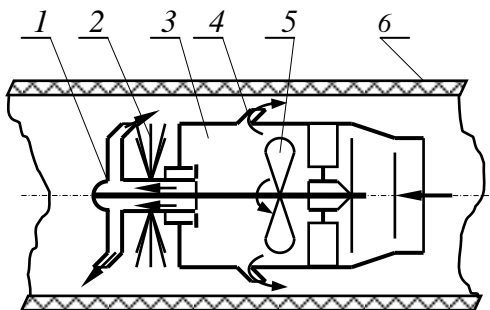


Рис. 4.23. Схема гидромеханической головки.

Технологическая схема работы комплекса показана на рис. 4.24.

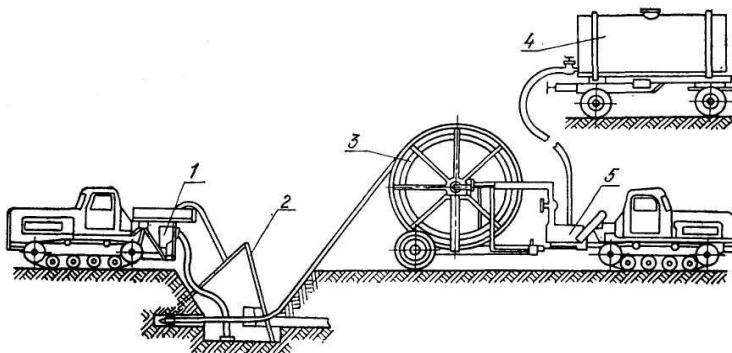


Рис. 4.24. Схема дренапромывочного оборудования ПДТ-125 для зоны орошения.

Перед началом работы вблизи устья промываемой дрены устанавливается ограждение 2, ограничивающее объем, из которого насосом 1

забирается пульпа, образующаяся при промывке дрены. Пульпа подается в осветлитель и резервную цистерну (на схеме не показано). Из резервной цистерны вода по шлангу подается в цистерну 4, из которой забирается насосом 5 и подается в ось барабана 3 со шлангами и далее в промывочную реактивную головку, предварительно заправленную в промываемую дрену. Данный комплект в основном предназначен для работы в зоне орошения.

Для зоны осушения предназначена машина МР-18 (рис. 4.25), которая агрегируется с гусеничным или колесным трактором тягового класса 2...3.

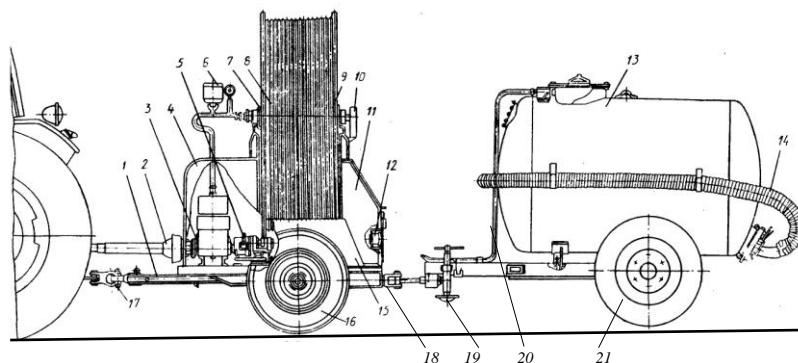


Рис. 4.25. Дренопромывочная машина МР-18 для зоны осушения.

Оборудование состоит из прицепа 1, карданной передачи 2, трехплунжерного насоса 3, капота 4, привода 5, барабана 6 напорного трубопровода, барабана 7 со шлангами 8 и 9, установки тормоза 10 и 12 для фиксации положения барабана 7, инструментального ящика 11, крыльев 15, колес 16, соединительной серьги 17 и цистерны 13 с заборным рукавом 14, узлом присоединения 18, опорой 19, системой заполнения цистерны 20 и опорными колесами 21.

Трехплунжерный насос приводится в действие карданным валом от ВОМ трактора и забирает воду из цистерны емкостью $1,8 \text{ м}^3$, подавая в дрену под давлением 2 МПа при подаче 1,42 л/с. Вода от насоса поступает по напорному трубопроводу в полую ось барабана, перед которой установлен манометр и воздушный демпфирующий барабан. К оси барабана подключены два шланга из полиэтилена ПВП-1. Шланги имеют диаметр 20 и 26 мм и толщину стенки 2,3 и 2,9 мм соответственно. К концу шланга крепится соответствующая реактивная головка. Длина шлангов – 100 и 120 м. К ним во время работы из оси барабана поступает вода, очищая дрену. Управление подачей воды в шланги производится трехходовым краном, а ограничение давления воды обеспечивается

ется предохранительным клапаном, установленным на нагнетательной линии. Давление нагнетания воды устанавливается дросселем-регулятором по манометру.

Для облегчения подачи шланга в дренаж барабан имеет привод в виде ролика, прижимающегося к кольцу барабана. Ролик приводится во вращение посредством гидромотора, кроме того, барабан может приводиться во вращение вручную.

Заполнение водой цистерны производится путем создания в ней разрежения с помощью вакуум-насоса двигателя трактора.

Для промывания цистерны внутри ее смонтировано барботирующее устройство в виде Г-образной трубы с двумя рядами отверстий. Вакуум-насос создает разрежение над водой. При этом через Г-образную трубу засасывается воздух, который попадал в воду, находящуюся в цистерне, интенсивно перемешивает ее, взмучивая данные отложения, удаляемые затем при сливе воды. Для этого она должна быть обеспечена отстойником, грязевым насосом и осветлителем.

Схема расположения дренажочистителя по отношению к каналу или колодцу показана на рис. 4.26.

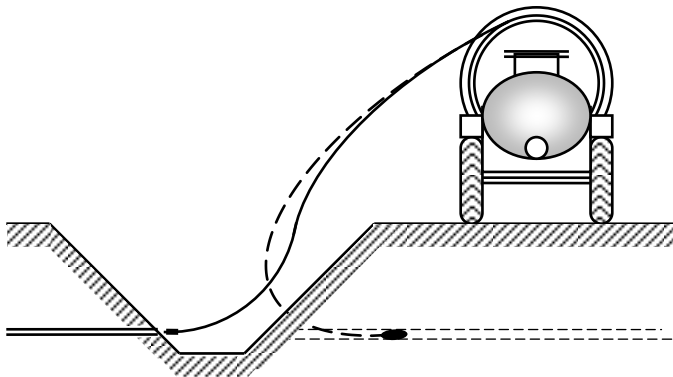


Рис. 4.26. Схема расположения дренажочистителя по отношению к каналу.

В процессе работы двигатель трактора имеет очень низкую нагрузку, так как он в основном приводит в действие только водяной насос дренажочистительной машины. Для более рационального использования оборудования в отношении нагрузки двигателя существует конструкция машины (рис. 4.27) с дополнительно установленным на прицепе 1 двигателем 15.

Так же как и МР-18, машина содержит капот 2, стойки барабана 3, барабан 4 со шлангами 5 и 6, инструментальный ящик 7, крылья 8, заборный шланг 9, насос 10, соединительный трубопровод 11, муфты 12 и 14, редуктор 13 привода насоса.

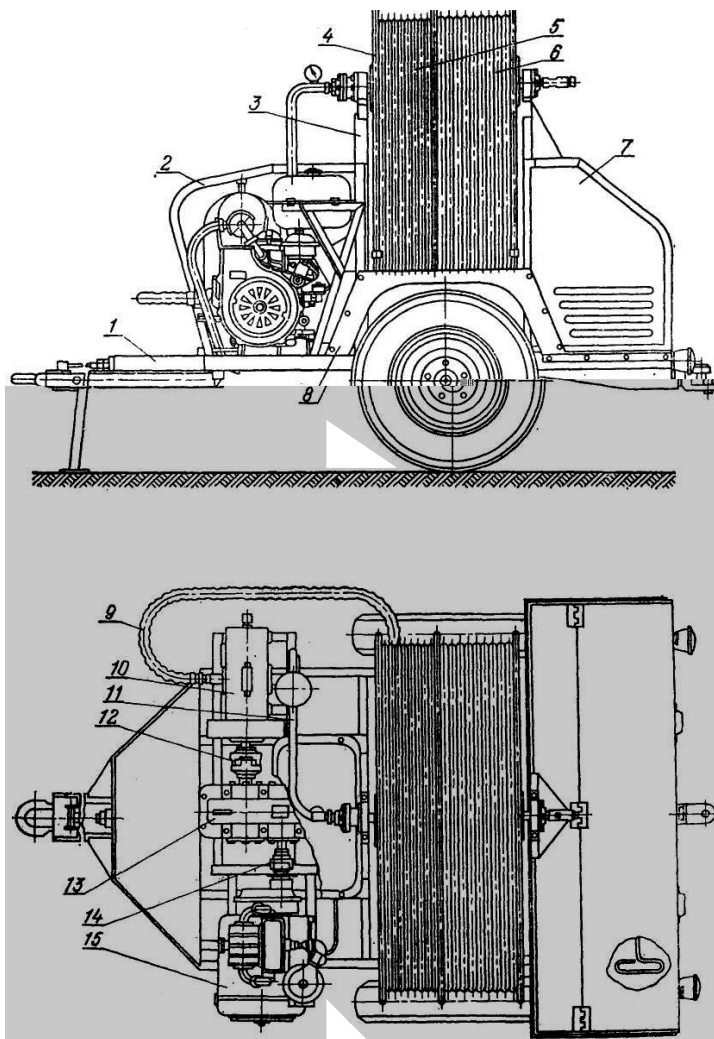


Рис. 4.27. Дренопромывочная машина.

Дренопромывочное оборудование, агрегируемое с колесным трактором 1 класса 1,4 (МТЗ-80/82), представлено на рис. 4.28. Оно базируется на полуприцепной одноосной четырехколесной тележке б, на

которой установлена цистерна 5 емкостью 3 м³, односекционный барабан 3 с промывочным шлангом с внутренним диаметром 25 мм и длиной 150 м и пульт управления 3. Машина способна промывать дренажи и коллекторы диаметром 100...400 мм и длиной до 150 м, а также смотровые колодцы диаметром до 500 мм. Насос 2 машины приводится в действие от ВОМ трактора и создает давление до 10 МПа, которое необходимо при промывании канализационных сетей. При промывании мелиоративных систем устанавливается давление 5, бытовой канализации – 10 МПа. Подача насоса – 2,22 л/с.

Более совершенной является дренопромывочная машина ДП-10А. Ее упрощенная компоновочная схема представлена на рис. 4.28, а общий вид – на рис. 4.29.

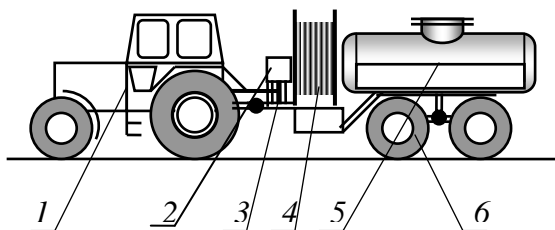


Рис. 4.28. Компоновочная схема дреноочистителя ДП-10А.

Для промывания коллекторов выпускается машина МПД-10, аналогичная машине ДП-10А. На базе МПД-10 создано оборудование для гидроакустической очистки. На реактивной головке этого оборудования установлен ультразвуковой излучатель, разрушающий отложения в дрене.

Исследовался [11] способ интенсификации процесса очистки дренажей путем введения в цистерну с водой раствора высокомолекулярного водорастворимого полимера – полиакриламида (ПАА). Считается, что введение ПАА оказывает стабилизирующее действие на движение воды. При этом происходит ламинизация потока, снижение гидравлических сопротивлений в шланге, увеличение компактности струй и их интенсивности воздействия на осадок. На основании исследований сделаны следующие выводы.

«Добавка в промывочную воду полиакриламида малой концентрации (60...70 мг/л) в 1,5 раза повышает скорость промывки дренажей. Кроме того, в этом случае в 1,5...2 раза сокращается удельный расход воды на единицу промывки дренажа и на единицу вымываемого из дренажных труб осадка. Фильтрация использованной для промывки дренажей воды улучшает структуру почвы и способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур».



Рис. 4.29. Общий вид установки для промывки дренажа ДП-10А.

В Голландии предприятие S-S Engineering производит к колесным тракторам несколько типоразмеров навесного дренопромывочного оборудования: Professional, Senior, MD-80, MD-100. Наиболее распространенным является оборудование Professional, схема которого приведена на рис. 4.30.

Основное назначение машины – промывание дренажных систем, в каналах которых имеется достаточно воды. При промывании базовый трактор *6* ориентируется вдоль канала. Рабочее оборудование опускается на землю и опирается при работе на рамную стойку *14*. Водозаборный шланг с поплавками *8* и водозаборником *9* с фильтром опускается в канал с водой, а промывной нагнетательный шланг с реактивной головкой *11* заправляется в дренаж. Нагнетательный шланг разматывается с барабана *8* и проходит внутри телескопической штанги *3*. Длина штанги может изменяться при помощи гидроцилиндра *4*, а ее положение – гидроцилиндра *7*. В блоке *5* смонтирован четырехроликковый механизм принудительного перемещения шланга. Механизм приводится в действие от гидромотора. Шланг изготовлен из полиэтилена и имеет длину 300 м, внутренний диаметр – 27 мм, толщину стенки – 3,3 мм. Для обеспечения задания нужного положения и направления шланга телескопическая штанга снабжена дугообразными направляющими *1* с роликами.

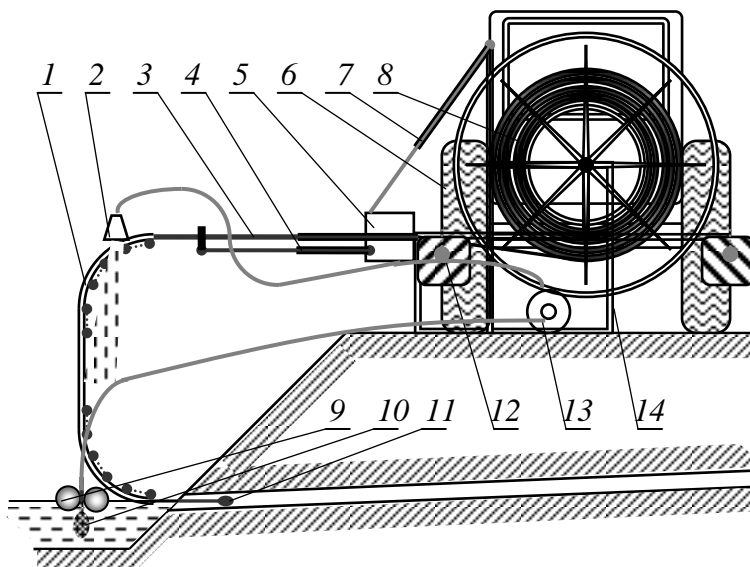


Рис. 4.30. Навесное дренопромывочное оборудование Professional.

Продвижение реактивной головки по дрене происходит благодаря реактивным силам струй, вытекающих из головки, но главным образом – за счет усилия, создаваемого роликовым механизмом, приводящимся в действие гидромотором, подключенным к гидросистеме трактора. Забор воды из канала и нагнетание ее в дрину производится насосом 13, соединенным с валом отбора мощности. Часть воды от насоса поступает в душевую насадку 2, предназначенную для смыва загрязнений с нагнетательного шланга. Габарит машины по ширине указывается знаками 12.

Насос установки трехкамерный мембранный с производительностью до 140 л/мин может создавать давление 5 МПа. Рабочим является давление 3...3,5 МПа.

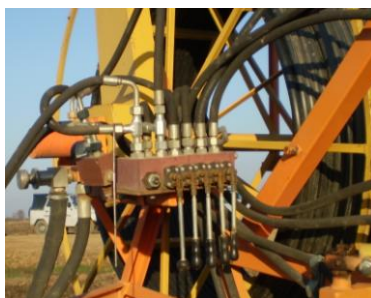
Насос машины Senior MD-80 имеет производительность 164 л/мин, развиваемое давление – 9 МПа, рабочее – 8 МПа. Масса навесного оборудования – 300 кг.

В настоящее время на базе дренопромывочной машины Senior в Беларуси выпускается навесная установка для промывки дренажа УПД-120.

Она навешивается на колесный трактор с задним валом отбора мощности и гидросистемой. Забор воды производится из канала или дополнительной емкости четырехкамерным мембранным насосом производительностью до 120 л/мин, создающим давление 5 МПа. Установка насоса показана на рис. 4.31,а. Насос создает рабочее давление на головке 1,0...1,5 МПа. Вода к ней подается по напорному шлангу с внутренним диаметром 17 мм. Длина промываемой дрены – до 300 м. Скорость рабочего перемещения реактивной головки – 0,05...0,5 м/с.



а



б

Рис. 4.31. Агрегаты установки для промывки дренажа УПД-120: а – насосная установка; б – блок управления рабочим оборудованием.

Органы управления рабочим оборудованием вынесены из кабины и установлены рядом с барабаном (рис. 4.31,б).

В качестве шланга используется достаточно жесткая полиэтиленовая трубка, которую для обеспечения промывки дрен большой длины с помощью гидромотора с роликовым механизмом, охватывающим шланг, принудительно проталкивают в дренаж. Барабан имеет активный привод от гидромотора, позволяющий разматывать шланг при промывке дрены и наматывать его при извлечении из неё. Для упорядочивания намотки шланга на барабан на машине установлен челнок, обеспечивающий укладку шланга виток к витку.

Схема механизма для перемещения напорного шланга приведена на рис. 4.32. Шланг 5 находится между ведущими роликами 3, сообщенными цепной передачей 4, и ведомыми 6. Благодаря своей форме ролики надежно обхватывают шланг. Во вращение ролики при необходимости приводятся гидромотором 1, соединенным с ведущей звездочкой 2 цепной передачи.

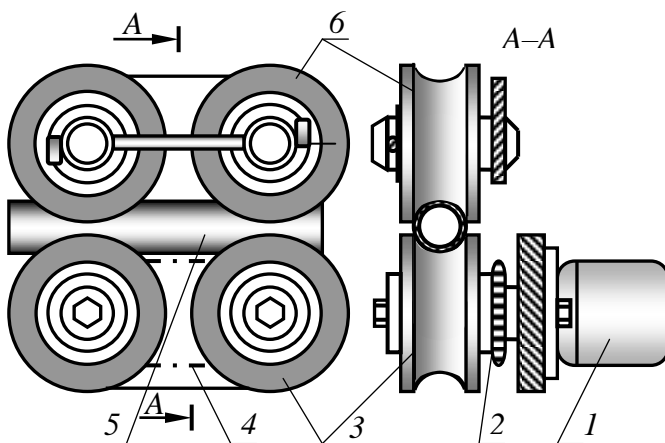


Рис. 4.32. Схема механизма для перемещения напорного шланга.

Вид механизма для перемещения напорного шланга приведен на рис. 4.33.



Рис. 4.33. Вид механизма для перемещения напорного шланга.

Здесь отмечены ролики 1, напорный шланг 2, кожух механизма 3. Кроме того, на машине имеется приспособление (счетчик) 4 для определения длины шланга, вошедшего в дренаж.

Дренопромывщики являются узкоспециализированными машинами. Выполнение комплекса работ может производиться ремонтными комплексами. Например, комплекс К-68А (рис. 4.34) базируется на одноковшовом экскаваторе 1 типа ЭО-2621, которым при необходимости можно производить вскрытие дрен и ее засыпку. К экскаватору цепляется одноосная двухколесная тележка 10 с установленными на ней насосом 6 и барабаном 2 с полиэтиленовыми шлангами 3 и 4 и реактивной головкой. Тележка с экскаватором соединяется при помощи шарнира 12. Гидросистема рабочего оборудования запитана от гидросистемы экскаватора шлангами 11. Комплекс также оснащен ершом для механической прочистки дрен и трассоискателем для обнаружения мест повреждения дрен. Насос и его привод 5 закрыты капотом 9. Посев трав производится оборудованием гидросеялки, основными частями которой являются бак 7 и шланг с насадкой 8.

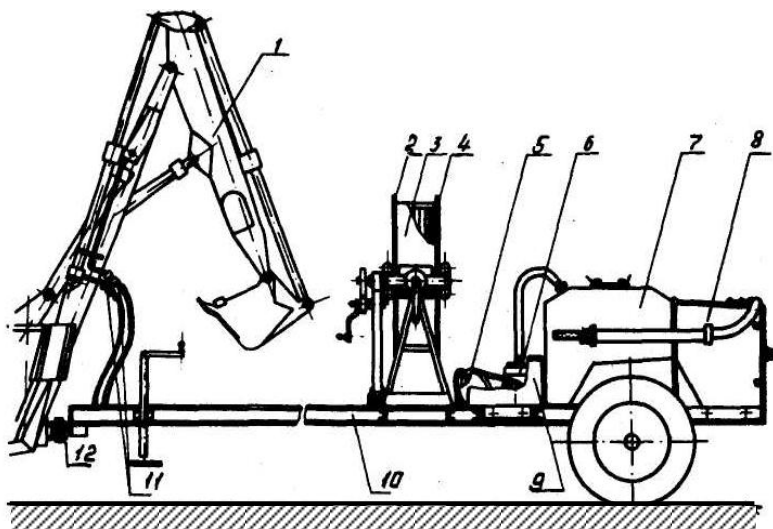


Рис. 4.34. Ремонтный комплекс К-68А.

При небольших объемах работ особенно в городских условиях могут применяться компактные самовсасывающие агрегаты. Наиболее известны агрегаты фирмы Rothenberg марки HD (рис. 4.35) для чистки труб диаметром от 30 до 200 мм и длиной в зависимости от модели от 10 до 40 м. Они также могут использоваться для чистки поверхности транспортных средств, машин, зданий, фундаментов. Насос подачи во-

ды имеет три керамических плунжера, движущихся в масляной ванне. Технические данные машин приведены в табл. 4.1.

Т а б л и ц а 4.1. Технические данные агрегатов для чистки труб

Показатели	HD 11/90	HD 13/100	HD 17/190
Рабочее давление, МПа	9	10	19
Производительность насоса, л/мин	11	13	17
Рабочая длина шланга, м	10	20	40
Диаметр промываемых труб, мм	30...150	30...150	40...200
Мощность электродвигателя, кВт	1,5	2,3	5,0

Более широкий диапазон размеров промываемых труб, большую мобильность и независимость от наличия источника воды имеют устройства для чистки труб под высоким давлением РО-ДЖЕТ. Они монтируются на прицепе или в легковом автомобиле. Для запаса промывной воды устанавливается пластмассовый бак. Они имеют привод от дополнительного бензинового или дизельного двигателя, электро-стартерную систему пуска двигателя и оснащены в основном двумя ба-рабанами со шлангами разных диаметров.

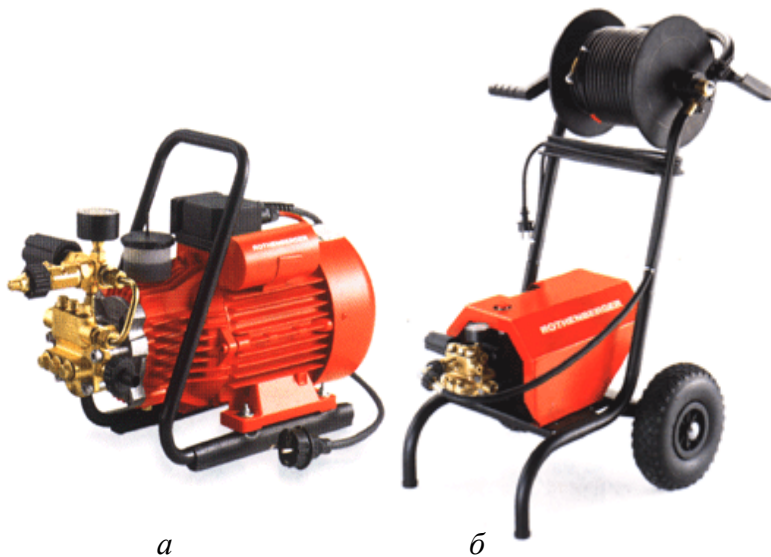


Рис. 4.35. Компактные самовсасывающие агрегаты для чистки труб:
а – HD 11/90; б – HD 17/190.

На рис. 4.36,а показан вид оборудования на базе автомобильного прицепа, а на рис. 4.36,б – в салоне легкового автомобиля.

Технические данные основных моделей приведены в табл. 4.2.

Т а б л и ц а 4.2. Технические данные машин на базе легковых автомобилей

Показатель	РО-ДЖЕТ 40/100	РО-ДЖЕТ 50/120	РО-ДЖЕТ 70/140	РО-ДЖЕТ 85/160	РО-ДЖЕТ 100/200
Рабочее давление, МПа	10	12	14	16	20
Производительность насоса, л/мин	40	50	70	85	100
Рабочая длина шланга, м	50	80	80	80	80
Диаметр промываемых труб, мм	40...200	40...300	40...400	До 500	До 600
Мощность д.в.с., кВт	8	15	25	32	45
Емкость бака для воды, л	200	400	400	400	1000



а



б

Рис. 4.36. Оборудование для чистки труб: а – на базе прицепа; б – на базе автомобиля.

Достаточно широко, особенно в коммунальном хозяйстве, для промывания канализационных сетей в Российской Федерации используются так называемые каналопромывочные машины на базе грузовых автомобилей, оснащенных цистерной. Промывочное оборудование – барабан со шлангом, водяной насос, гидросистема и органы управления – устанавливаются позади цистерны и закрываются капотом. Производителем является ОАО «Коммаш» г. Арзамас.

Технические данные машин приведены в табл. 4.3.

Т а б л и ц а 4.3. Технические данные каналопромывочных машин на базе грузовых автомобилей

Показатели	КО-502Б-2	КО-502Д	КО-514-1
Базовый автомобиль	ЗИЛ-433362	ЗИЛ-497442, ЗИЛ-432932	МАЗ-533702
Мощность двигателя, кВт	110	96	132
Вместимость цистерны, м ³	4,9	4,9	8
Максимальное давление, МПа	16	16	16
Производительность насоса, м ³ /ч	10	10	12,5
Рабочая длина шланга, м	100	100	100
Диаметр промываемых труб, мм	150...1000	150...1000	150...1000
Масса, кг	11000	11000	18000

4.3. Способы и оборудование для обнаружения мест повреждения и обследования дрен

Дренопромывочные машины удаляют из дрены ил и рыхлые отложения. В случае плотных образований, передавливания трубок или заращения дрен гидравлическая головка не может проводить полную очистку. Поэтому необходимо обнаружить место закупорки, раскопать его и восстановить пропускную способность. Расстояние места закупорки от устья определяется по длине шланга, вошедшего в дренаж. Для этого на шланге через 2 м наносятся деления. При отсутствии достоверной проектной документации необходимо определить направление оси дрены. С этой целью дренопромывочные машины комплектуются трассоискателями.

Схема диагностирования дренажной системы *с помощью трассоискателя* показана на рис. 4.37,а. Дренопромывочное оборудование 1 заземляется штупрем 2. В шланг 4 через штуцер присоединения головки 9 вводится электрический провод 5, который через токосъемник, имеющийся на оси барабана, подключается к генератору, вырабатывающему переменный ток частотой около 1000 Гц. По другому варианту провод крепится снаружи шланга. Введенная в дренаж головка продвигается вдоль нее. После того как головка упрется в препятствие, по проводу пропускается ток, создающий вокруг провода электромагнитное поле. Оператор, пользуясь поисковым контуром 8 с усилителем и индикатором 7 и головными телефонами 6, отыскивает направление дрены от устья. Для этого он перемещает поисковый контур поперек предполагаемой оси дрены и, ориентируясь на максимум показания индикатора и силы звука в телефонах, определяет направление дрены. Затем, двигаясь вдоль нее, определяет место нахождения головки, т.е. место закупорки или повреждения дрены. Ось дрены и места повреждений отмечаются кольшками с соответствующими отметками. Результаты заносятся в журнал. Полученная информация используется при составлении проекта ремонтных работ на объекте.

Конструкция напорного шланга с электрическим проводом показана на рис. 4.37,б. Головка 1 крепится к штуцеру 2, внутри которого на всем протяжении шланга проходит провод 3. Шланг к оси барабана присоединяется штуцером 4. Герметизация провода производится ввинчиванием штуцера 5, деформирующего при этом уплотнение 6.

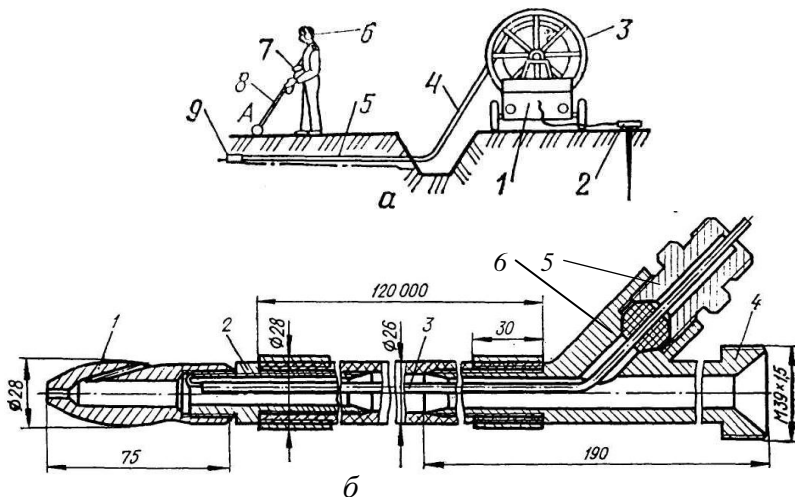


Рис. 4.37. Схема диагностирования дренажной системы с помощью трассоискателя: а – схема работы; б – конструкция шланга.

Трассу дрены также можно обнаружить, *проложив борозду поперек предполагаемых осей дрен*. В месте засыпки траншеи грунт имеет цвет, отличающийся от соседнего.

Для этих же целей могут использоваться *стальные щупы*. Щуп вонзается в землю и по силе сопротивления внедрению щупа определяется место, где производилась засыпка траншеи. Усилие может определяться субъективно или с использованием специального щупа с динамометром.

По характеру взаимодействия щупа с дренай и по окраске его конца можно определять вид материала дрены (керамическая, пластмассовая, деревянная, каменная).

Известен также способ, по которому в дренах со стороны устья *нагнетается вода* и по увлажнению почвы определяют трассу дрены.

Дренажная сеть может обнаруживаться и *с помощью аэрофото-съемки*, по которой можно оценить и эффективность работы системы.

Трассу дрены также находят, *направляя в дрена мощный звуковой сигнал* (свыше 10 Вт), и с помощью специального прибора прослушивают его с поверхности земли.

Применяются, кроме того, *переносные радиолокаторы*, позволяющие определять различные пустоты под землей.

Используется также свойство повышенной электропроводимости дрены, заполненной водой. Для этого *замеряется и сопоставляется проводимость участков земли* между электродом, устанавливаемым у устья, и электродом, устанавливаемым в месте поиска дрены.

Используется также способ, по которому *при строительстве дренажа вдоль линии истоков дрен на небольшой глубине прокладывается тонкий полиэтиленовый шланг с отверстиями* диаметром около 3 мм, расположенными рядом с истоками дрен. При ремонте в трубку подается вода, которая через несколько минут рядом с истоком дрены вымывает заметную воронку, позволяющую найти исток дрены.

Упомянутые ранее машина Senior и УПД-120 обеспечиваются *дополнительной насадкой, крепящейся к реактивной головке и вырабатывающей радиосигнал*. Она состоит из оголовка 1 (рис. 4.38), излучателя сигнала 2 с находящимся в нем источником питания, корпуса головки 3 с соплами, штуцера 4 и присоединительного рукава 5. Сигнал специальным прибором (рис. 4.39) с наушниками улавливает движущийся вдоль трассы дрены оператор. Точность определения местоположения головки составляет несколько сантиметров. Фиксация положения головки производится по сигналу в наушниках или по миганию красной лампочки на панели прибора.

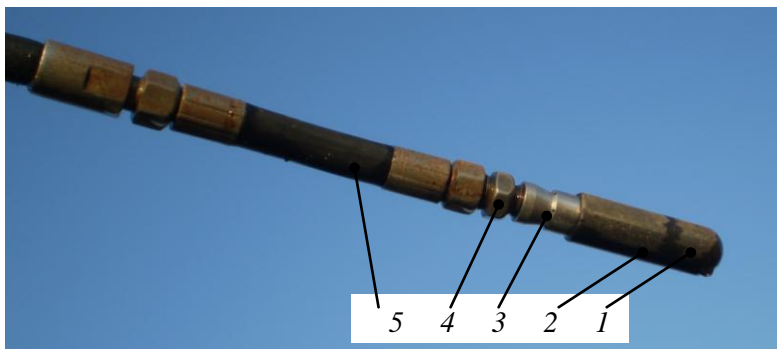


Рис. 4.38. Дренопромывочная головка машины УПД-120, оснащенная излучателем сигнала.



Рис. 4.39. Прибор для определения положения дренапромывочной головки.

В РУП «Институт мелиорации» НАН Беларуси разработан аналогичный *поисковый комплект трасс дренажных коллекторов ПКТ-110*, предназначенный для обнаружения с поверхности земли мест закупорки коллекторно-дренажной сети. Комплект является дополнительным оборудованием к дренапромывочной машине УПД-120. В его состав входят два основных элемента: приемное устройство (рис. 4.40,а) и генератор сигнала (рис. 4.40,б), смонтированный в корпусе реактивной головки. Генератор сигнала питается от вставляемой в герметичный отсек дренапромывочной головки аккумуляторной батареи напряжением 3 В.

Оператор, перемещаясь вдоль оси дрены и наблюдая за поведением стрелки индикатора, способен определить местоположение головки с точностью ± 5 см при глубине нахождения головки до 10 м. Масса комплекта около – 1 кг.

Существует оборудование для обнаружения мест повреждения и осмотра внутренних полостей коллекторно-дренажной сети. К такому оборудованию относится разработанный РУП «Институт мелиорации» дренажный трассоискатель с самодвижущейся системой видеоконтроля.

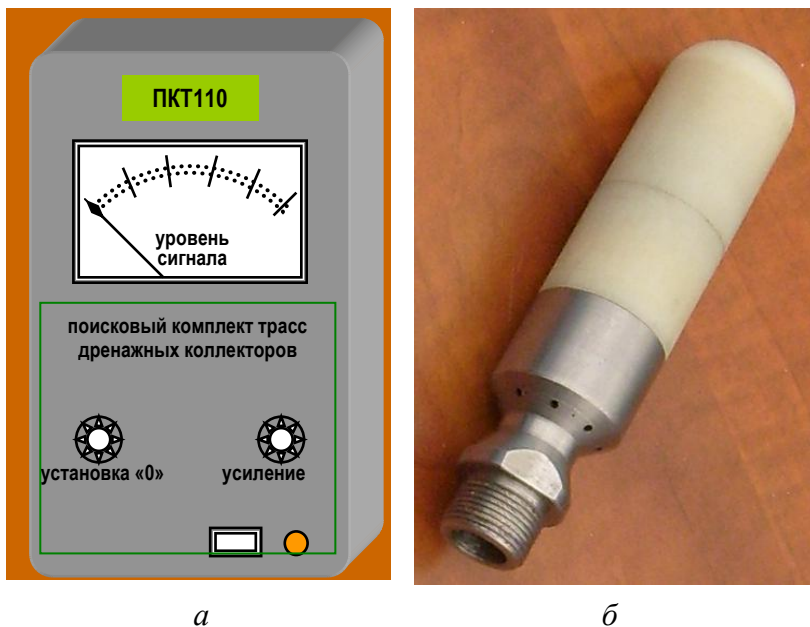


Рис. 4.40. Состав поискового комплекта трасс дренажных коллекторов ПКТ-110:
а – приемное устройство; б – реактивная головка с генератором сигнала.

Трассоискатель (рис. 4.41) состоит из гусеничного движителя 2, на котором установлена минивидеокамера 1 с системой подсветки с инфракрасным светодиодом. В корпусе движителя установлены электропривод хода и генератор 3 электромагнитного излучения. Движитель кабелем 4 соединен с блоком 7 питания и управления 6, к которому подключен видеомонитор 5. В комплект оборудования также входит приемное устройство 8 регистрации электромагнитного излучения.

Трассоискатель работает следующим образом.

Видеомонитор подключается к пульту управления и блоку питания. К видеомонитору кабелем подключается движитель. Движитель устанавливается в устье коллектора, и тумблером включается подача питания. Движитель начинает перемещаться по коллектору, передавая изображение полости коллектора на видеомонитор и вырабатывая электромагнитное излучение. Оператор у пульта управления оценивает состояние коллектора и мест подсоединения к нему дрен, останавливая движитель в местах повреждений и подсоединения дрен. Второй оператор в это время идет по трассе коллектора с приемным устройством

и по максимуму электромагнитного сигнала, излучаемого генератором, фиксирует положение движителя, отмечая его установкой кольшков на поверхности земли и записывая на них необходимую информацию.

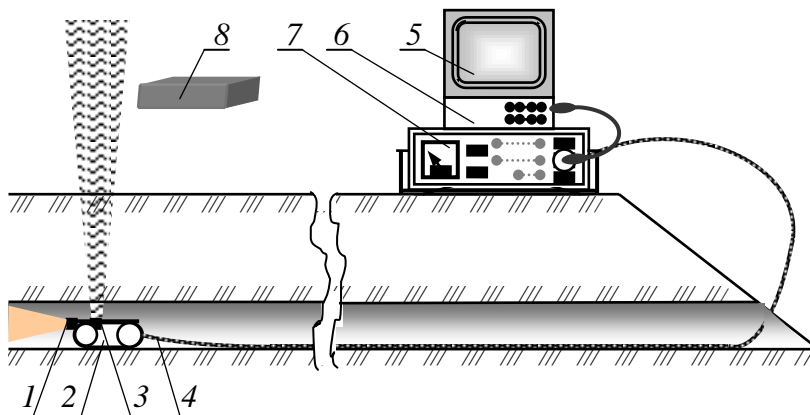


Рис. 4.41. Дренажный тросоискатель с самодвижущейся системой видеоконтроля.

Движитель имеет размеры $210 \times 58 \times 65$ мм, массу – 2 кг, угол обзора видеокамеры – 75° , перемещается со скоростью $0,05 \dots 0,20$ м/с и может обслуживать коллектор диаметром не менее 100 мм.

Другим вариантом системы диагностирования, также разработанным, а затем усовершенствованным в РУП «Институт мелиорации», является схематически представленный на рис. 4.42 комплекс средств диагностики внутреннего состояния коллекторной сети и обнаружения мест повреждений КСД-160. На рис. 4.42,а показана схема комплекса, на рис. 4.42,б – положение при перемещении, на рис. 4.42,в – видеокамера с излучателем сигнала. Комплекс состоит из барабана 2 с намотанным на нем упругим стеклопластиковым трубчатым стержнем 4, станины 3, закрывающимся крышкой пульта 1 с блоком питания и управления и видеомонитором, генератора сигнала 5 и видеокамеры 6, прикрепленных к концу стеклопластикового стержня и приемного устройства системы обнаружения, хранящимся в корпусе пульта. Видеокамера и генератор сигнала проводом, проходящим внутри стеклопластикового стержня, соединены с пультом и видеомонитором. В блоке с видеокамерой смонтировано устройство подсветки.

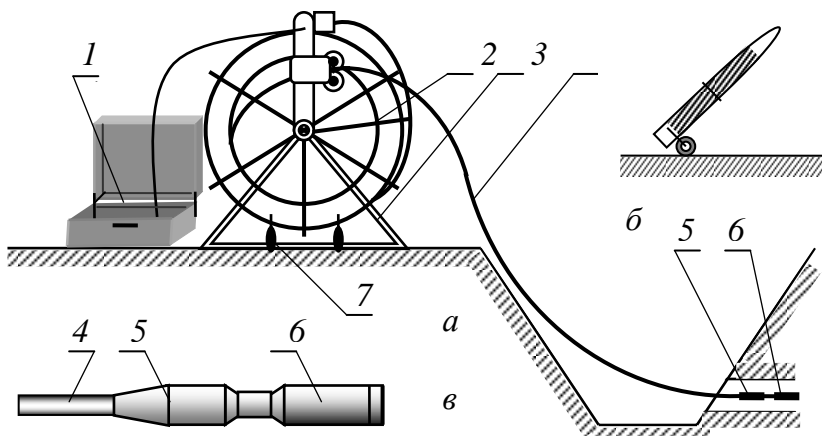


Рис. 4.42. Комплекс средств диагностики внутреннего состояния коллекторной сети и обнаружения мест повреждений КСД-160:
 а – схема обследования дрены; б – транспортное положение комплекта; в – вид генератора сигнала и видеокамеры.

При обнаружении повреждения или закупорки включают генератор системы обнаружения. Оператор включает приемное устройство, ставится у устья коллектора, располагает антенну приемного устройства вдоль коллектора и, перемещая приемное устройство вправо и влево, по максимуму показаний индикатора определяет положение коллектора. Найдя коллектор, он начинает двигаться вдоль его оси, следя за показаниями индикатора. Уменьшение показания свидетельствует об отклонении от трассы коллектора, резкое возрастание уровня сигнала говорит о том, что приемное устройство находится над генератором сигнала. Поворачивая приемное устройство, находят точное положение генератора сигнала. Оператор фиксирует положение генератора, отмечая его установкой колышков на поверхности земли и записывая на них необходимую информацию. Данные обследования системы заносятся в журнал, по которому затем составляется план работ на мелиоративной сети. Продвижение видеокамеры с генератором вдоль коллектора производится оператором вручную. Возможность их перемещения обеспечивается упругостью стеклопластикового стержня.

Видеомонитор позволяет не только рассматривать, но и хранить нужные изображения в электронном виде.

Для перемещения комплекта к другой дрене служат колеса 7.

Вид пульта управления КСД-160 показан на рис. 4.43, а генератор сигнала с видеокамерой на стеклопластиковом стержне – на рис. 4.44.

Комплекс КСД-160 позволяет диагностировать коллекторы диаметром свыше 100 мм, длиной до 150 м при глубине их расположения не более 3 м. Масса комплекса 70 кг.



Рис. 4.43. Пульт управления с открытой крышкой комплекса КСД-160.

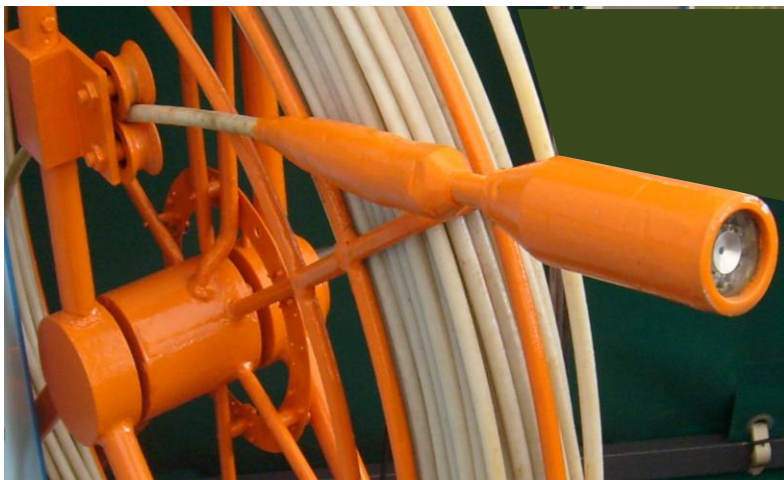


Рис. 4.44. Видеокамера с генератором сигнала комплекса КСД-160.

5. МАШИНЫ ДЛЯ РЕМОНТА И СОДЕРЖАНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

В состав мелиоративных систем обычно входят различные гидротехнические сооружения, такие, как: смотровые и поглотительные колодцы, бетонные устья, трубы-переезды, мосты и мостки, береговые знаки, водоподпорные и водопропускные сооружения, бетонные и железобетонные облицовки и отмостки. При их ремонте и эксплуатации типичными работами являются: очистка смотровых колодцев, аванкамер и сороулавливающих решеток; восстановление надписей на знаках береговой обстановки; побелка ГТС и их окраска; нанесение защитных покрытий и консервационных составов; восстановление крепления каналов; очистка водопроводящих лотков, устьев дренажной сети труб-переездов; сварочные и слесарно-монтажные работы; заполнение и забивка пазух под бетонными элементами ГТС; ремонт стыков между бетонными плитами и трещин плит и т.п. Объемы работ обычно бывают значительными, требующими для их выполнения машин для ремонта и содержания гидротехнических сооружений.

К данной группе относятся узкоспециализированные машины и многофункциональные ремонтно-эксплуатационные агрегаты. Целью применения последних является сокращение ручного труда, повышение качества и производительности работ, сокращение их сроков и номенклатуры используемой техники, применяемой при обслуживании и ремонте ГТС. Ремонтно-эксплуатационные агрегаты или являются прицепными (полуприцепными) к трактору, или состоят из трактора с навешенным сменным рабочим оборудованием, а также могут состоять из аналогичной машины, но дополненной тележкой с набором агрегатов и приспособлений для производства различных ремонтно-эксплуатационных работ.

Например, агрегат для ухода за гидротехническими сооружениями АУГ-3, разработанный в РУП «Институт мелиорации» под руководством В. Н. Кондратьева, предназначен для выполнения комплекса работ, с использованием различного сменного оборудования. Он может выполнять побелку и покраску ГТС, гидробурение скважин для установки в них кольев при креплении каналов, откачивание воды при ремонте каналов и при подготовке оросительных систем к консервации, гидропосев трав и тушение пожаров, управление затворами шлюзов-регуляторов. Агрегатируется с тракторами Беларус класса 1,4 и комплектуется следующими сменными рабочими органами: брандспойтом для гидропосева трав и тушения пожаров, насадкой для гидробурения, устройством для водооткачки и заправки цистерны, приспособлением для управления затворами шлюзов-регуляторов,

краскораспылители.

Схематически АУГ-3 показан на рис. 5.1. Он состоит из краско-нагнетательного бака 1, ходовой тележки 2, гидрооборудования 3, рамы 4, трансмиссии 5, опоры 6, компрессора 7, цистерны 8 с установленной в ней мешалкой и сменного рабочего оборудования.

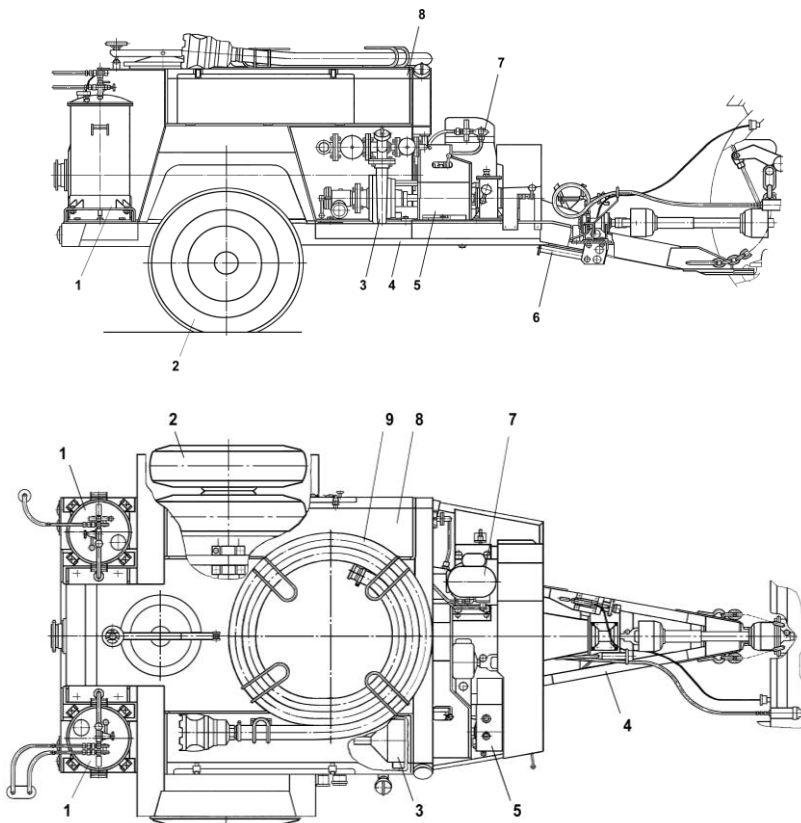


Рис. 5.1. Схема агрегата для ухода за гидротехническими сооружениями АУГ-3.

В отсоединенном положении агрегат опирается на колеса и откидную опору 6.

Центробежный насос гидросистемы, компрессор и мешалка приводятся в действие от вала отбора мощности трактора.

Насос предназначен для подачи воды под давлением к оборудованию для образования скважин в откосах каналов, гидропосева трав, тушения пожаров, очистки лотков дрен и дренажных колодцев, обмыва сооружений перед покраской. Перед запуском он заполняется водой через заливную горловину или из заправочного бачка цистерны.

Цистерна используется в качестве емкости для воды при очистке дренажных колодцев и работ с гидробуром при отсутствии поблизости водоемов или воды в канале. Кроме того, в цистерне приготавливаются гидросмеси для посева трав.

Управление затворами производится за счет вращения механизма подъема задвижек. Вращение выполняется после соединения специальным карданным валом механизма подъема с редуктором, установленным в задней части агрегата.

Общий вид агрегата с трактором в транспортном положении показан на рис. 5.2.



Рис. 5.2. Общий вид агрегата АУГ-3 с трактором в транспортном положении.

Основные технические данные АУГ-3 приведены в табл. 5.1.

Т а б л и ц а 5.1. Технические данные агрегата АУГ-3

Вместимость цистерны, л	1200
Вместимость баков, л	20
Производительность компрессора, м ³ /мин	0,5
Транспортная скорость передвижения, км/ч	До 20
Рабочая скорость передвижения при гидропосеве, км/ч	До 4
Конструктивная масса, кг	1850
Габаритные размеры без трактора, мм	4220×2340×1933
Техническая производительность при выполнении:	
окрашивания кузбаслаком, не менее, м ² /ч	50
побелки известью, не менее, м ² /ч	60
очистки лотков устьев дрен, не менее, шт./ч	5
установки кольев в подошву откоса канала, не менее, шт./ч	100
подъема затворов шлюзов, не менее, шт./ч	3
гидропосева трав, не менее, га/ч	0,2
Параметры обслуживаемых каналов:	
глубина, м	До 3
ширина по дну, м	0,5...2,0
коэффициент заложения откосов	До 2

Для обеспечения механизации комплекса работ при строительстве и ремонте гидротехнических сооружений и оросительных каналов глубиной до 2,5 м предназначен агрегат АРС-2Б. Он используется в местах, где отсутствуют местные или централизованные источники электроэнергии. Агрегат базируется на двухосном пневмоколесном прицепе 2ПТС-4М и транспортируется трактором класса 1,4 или автомобилем.

Дизель-электрический агрегат имеет систему автоматического управления, включающую в себя систему аварий по предупредительной защите, обеспечивающую остановку дизеля при недопустимом понижении давления масла в системе смазки дизеля, повышении температуры или понижении уровня охлаждающей жидкости, повышении частоты вращения коленвала дизеля, повышении силы тока, исчезновении напряжения на клеммах генератора. Перед пуском агрегат заземляется. Агрегат обслуживают два человека.

Состав оборудования приведен в табл. 5.2.

Для укладки труб и ремонта ГТС используется агрегат-трубоукладчик РР-11, смонтированный на одноосном прицепе, агрегируется с тракторами тягового класса 1,4...2. Он укомплектован краном грузоподъемностью 2 т, сварочным агрегатом, электро-генератором, компрессором, механизированным инструментом, оборудованием для приготовления окрасочных смесей и окрашивания.

Т а б л и ц а 5.2. Состав оборудования агрегата АРС-2Б

Наименование и марка оборудования	Назначение	Мощность, кВт
Дизель-электрический агрегат ПЭС-15	Источник электроэнергии	16,0
Бетономешалка С-674	Приготовление бетонной смеси	6,6
Насос диафрагменный С-205А	Откачка воды	1,0
Электровибраторы ИВ-38, ИВ-2, ИВ-17	Уплотнение бетонной смеси	0,8; 0,6; 0,8
Электрошпалоподбойка ЭШП-7	Уплотнение грунта и щебня	0,4
Электротрамбовка ИЭ-4501	Уплотнение грунта	0,6
Трансформатор ИВ-9 для электровибраторов	Понижение напряжения	1,5
Кран-укосина	Погрузка-выгрузка оборудования	–
Электрощетка	Очистка швов и трещин	0,35
Отбойный молоток ИЭ-4203	Разрушение бетона	0,27
Растворонасос С-251	Нагнетание цементного раствора	1,7
Компрессор	Нагнетание воздуха	4,0
Краскораспылитель С-45	Покраска и побелка, нанесение клеевых составов	4,0
Сварочный агрегат ТС-102	Сварочные работы	–
Пистолеты клеевые	Нагнетание эпоксидных смол в трещины в бетоне	–
Бачки-мешалки	Приготовление компонентов и смесей	–

На рис. 5.3 [6] показана комплектность и схема работы агрегата с пневматическим приводом механизированного инструмента. В состав агрегата входят: ручная пневмокосилка (рис. 5.3,а) со сменными рабочими органами (рис. 5.3,б,в и г), бетонолом (рис. 5.3,д) со сменными наконечниками – зубилом (рис. 5.3,е) и молотком (рис. 5.3,ж), пневмогайковерт (рис. 5.3,з), используемый и как дрель со сверлом (рис. 5.3,и), краскопульт (рис. 5.3,к) для нанесения красок, шлифовальная машина (рис. 5.3,л). Схема работы с ручной сегментной пневмокосилкой показана на рис. 5.3,м.

Основной агрегат, базирующийся на прицепе 7 (рис. 5.3,н), приводится в действие от вала отбора мощности трактора посредством карданного вала 1. На прицепе смонтировано устройство для заточки кольев 2, компрессор 3, ресивер 4, штуцер 5 для подсоединения шланга пневмоинструмента, ящик 6 для сменного инструмента.

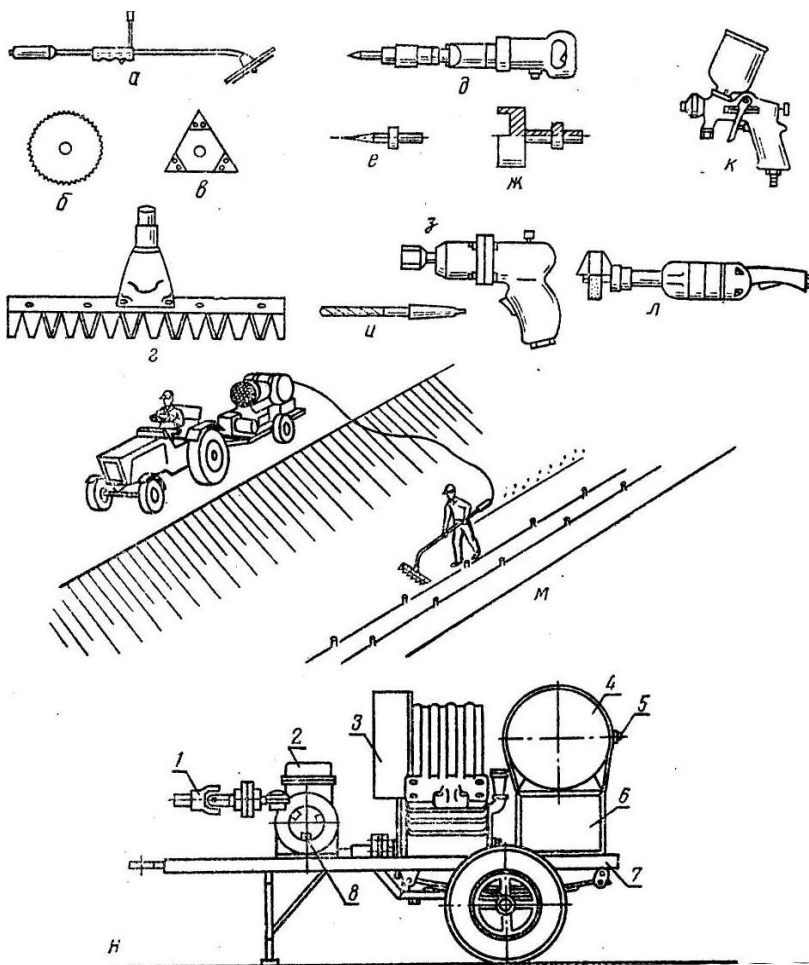


Рис. 5.3. Комплектность и схема работы агрегата с пневматическим приводом механизированного инструмента: а – косилка; б, в, г – режущие насадки косилки; д – бетонолом; е, ж – наконечники бетонолома; з – пневмогайковерт; и – сверло; к – краскопульт; л – шлифовальная машина; м – схема работы; н – основной агрегат.

При заточке колев кол вставляется в патрон устройства для заточки, зажимается кулачками 8 и обрабатывается ножами устройства. Для забивки колев при креплении каналов применяется бетонолом с молотком.

Очистка смотровых колодцев на дренажных системах производится машинами с грейферным оборудованием или агрегатируемыми с тракторами машинами, с рабочим органом для размыва отложений и откачки пульпы (машины КОРД-5,0 и МОК-10).

Схема работы МОК-10 показана на рис. 5.4.

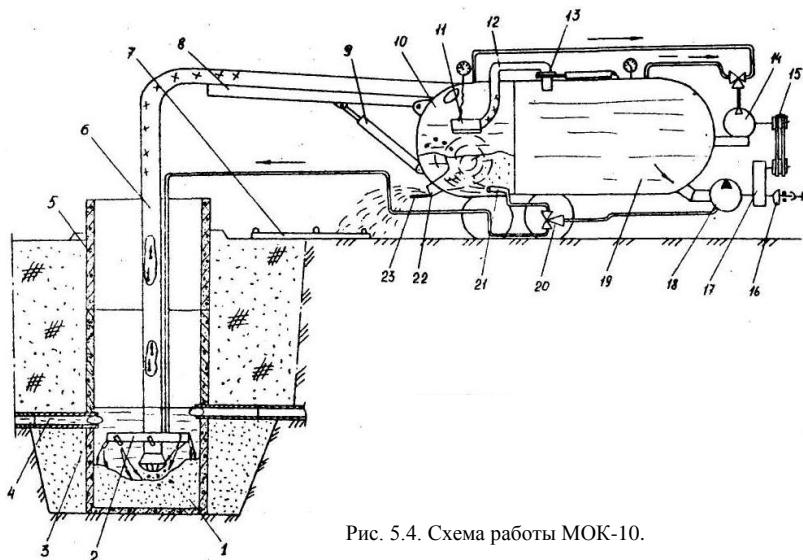


Рис. 5.4. Схема работы МОК-10.

Цистерна посредством вакуумного насоса 14, приводимого в действие от вала отбора мощности через кардан 16, редуктор 17 и клиноременную передачу 15, заполняется водой. Затем машину устанавливают рядом с очищаемым колодцем 5 и гидроцилиндром 9 опускают в него рабочий орган. Центробежным насосом 18 вода подается в кольцевой гидрорыхлитель 2, который размывает отложения 1 и заставляет вращаться образующуюся пульпу. Последняя отсасывается по заборному рукаву 6 в отсек 10, в котором создается вакуум. Для того чтобы в дрена 4 не попадала пульпа, дрена предварительно закрывается заглушкой 3. Отстоявшаяся в отсеке 10 вода по плавающему водозаборнику 11, патрубки 12 и гидрозадвижке 13 перекачивается в отсек 19.

После очистки четырех–шести колодцев осадок в цистерне размывается насадком 21 и сливается через трубопровод 22 с дефлектором 23. Осадок может быть использован в качестве удобрения.

Совместно с ремонтным агрегатом или сеялкой гидропосева трав может использоваться ручное устройство для очистки колодцев (рис.5.5,а). При нажатии на рукоятку 1 открывается подача воды в устройство, которая поступает в торообразную камеру 5 с насадками 3 и к эжектору 2. Отсос пульпы производится через пульпопровод 6. Устройством можно очищать колодцы глубиной до 3 м и диаметром 20...50 см.

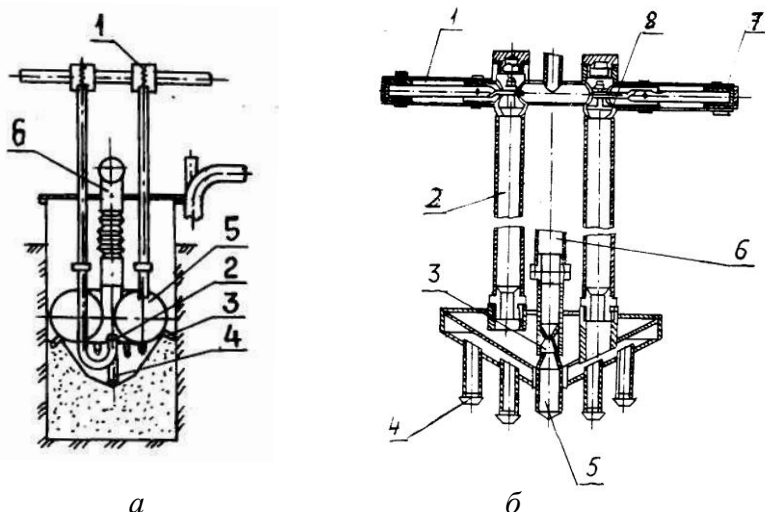


Рис. 5.5. Ручные устройства для для механизации работ:
а – при очистке колодцев; б – при очистке каналов.

Аналогичное устройство (рис. 5.5,б) используется для механизации работ по очистке каналов под мостами или там, где невозможно применение каналоочистителей. Вода в устройство подается по шлангу. При нажатии на рукоятку 7 открывается клапан 8, и вода поступает к соплам 4, истекая из которых размывает наносы. При нажатии на рукоятку 1 вода через клапан и удлинитель 5 поступает к эжектору 3 и, проходя через него, создает пониженное давление, благодаря чему насадок 5 засасывает пульпу, которая по трубопроводу выводится за пределы канала. Возможно применение средств для выделения воды из пульпы.

Трубы-переезды периодически необходимо очищать от наносов.

Для этого может быть использована машина МОП, смонтированная на базе самоходного шасси типа Т-16 (рис. 5.6).

Машина очищает трубу-переезд, протягивая конусный или лемешный рабочий орган 7 канатом 5, огибающим полукольца 6, установленные на двух штангах 4. Трос перемещается двумя барабанами 8, установленными на опорах 1 и 9 и приводимыми во вращение от двигателя шасси через редуктор 3 и муфту 2. Возможна очистка труб-переездов длиной до 15 м и диаметром от 0,3 до 1,0 м.

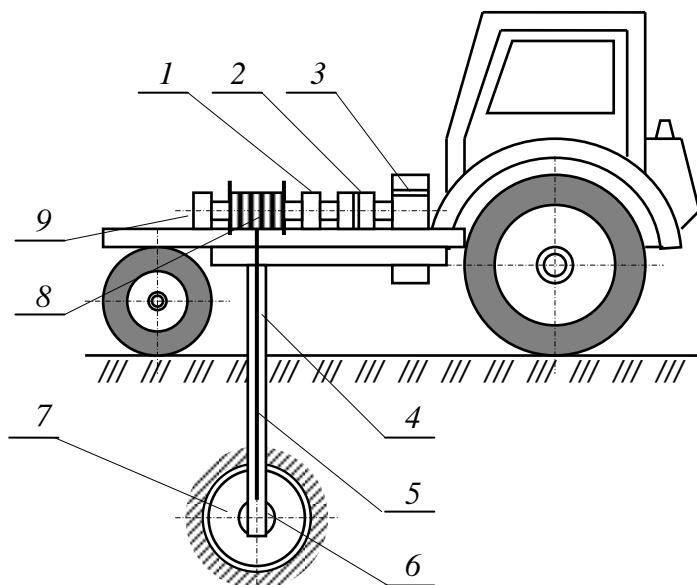


Рис. 5.6. Машина для очистки труб-переездов.

Для очистки больших труб длиной 80...150 м и диаметром до 2,5 м применяется ковш-рыхлитель (рис. 5.6).

Ковш-рыхлитель состоит из следующих основных сборочных единиц: рамы 1, ковша 4, поплавка 2, серьги 5 и стропы 3. Ковш прикреплен к раме шарнирно. При холостом ходе ковш складывается, а при рабочем – принимает вертикальное положение, благодаря чему осуществляется эффективная экскавация ила при рабочем ходе и отсутствует

призма волочения при холостом ходе. Если трубопровод заполнен водой, поплавок всплывает и очищает верх трубопровода.

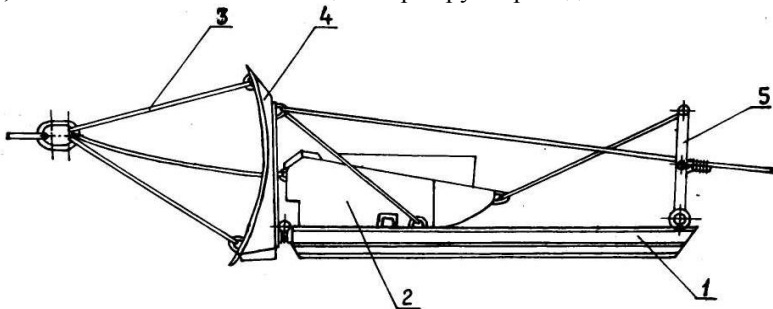


Рис. 5.7. Ковш-рыхлитель.

На рис. 5.8 показана упрощенная схема самоходной машины (бульдозера) для очистки водопроводящих сооружений. Бульдозер для очистки водопроводящих сооружений под магистральными каналами (механический способ очистки) состоит из базового трактора 4 «Беларус» класса 1,4 с навесным бульдозерным оборудованием 7 с гидроцилиндрами 6 и защитной рамы 5. Защитная рама выполнена из газопроводящих труб с передним и задним выхлопными отверстиями. Трубы соединены с выхлопной трубой трактора. Для отвода выхлопных газов и улучшения воздухообмена за сиденьем трактора установлен вентилятор 1, соединенный с гидромотором 2, управляемым гидрораспределителем. Рукоятка 3 включения гидрораспределителя кинематически связана с заслонкой управления выхлопными газами.

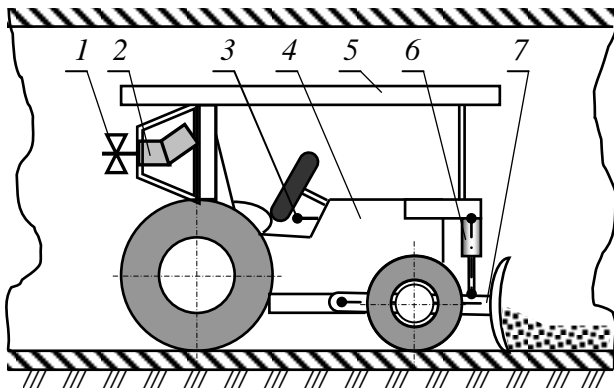


Рис. 5.8. Схема самоходной машины для очистки

водопроводящих сооружений.

Для очистки труб-переездов гидромеханическим методом используется машина с рабочим органом, показанным на рис. 5.9.

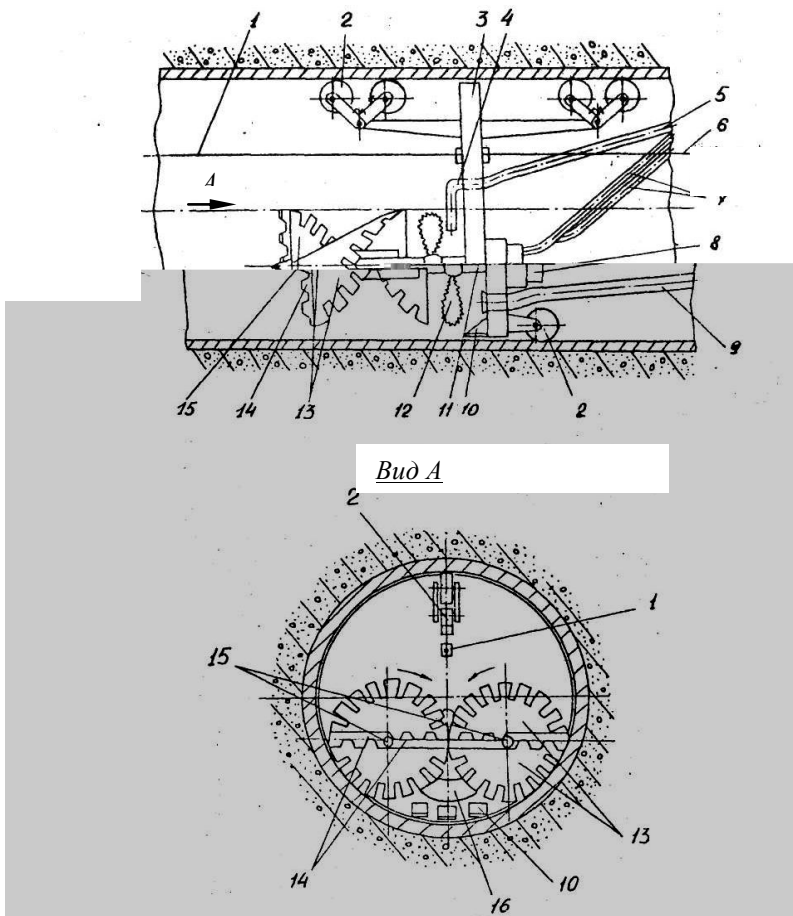


Рис. 5.8. Машина для очистки труб-переездов гидромеханическим методом.

Машина состоит из колесного трактора, на котором смонтированы водяной насос, силовая лебедка, подъемное оборудование и гидросистема, и прицепного рабочего органа, состоящего из проходного щита, двух опорных катков и присоединительных шлангов гидросистемы.

Для очистки трубы-переезда рабочий орган устанавливается в ее свободный конец и производится подключение трубопроводов 5, 7, 9 и тяговых тросов 1, 6. Поступательное перемещение рабочего органа осуществляется лебедкой. Гидромотор 8 через редуктор приводит во вращение двухзаходные фрезы 13 и пропеллерные мешалки 12. Наносы разрабатываются фрезами, имеющими два зубчатых лемеха 14. В центре между лемехами по оси валов 11 установлены перья 15 для выдавливания наносов к режущим частям лемехов.

Посредством винтовых поверхностей фрез срезанные наносы перемещаются в зону перемешивания, куда от гидромотора 4 подается вода для образования пульпы. В нижней части трубы наносы рыхлятся ножами-рыхлителями 10, прикрепленными к проходному щиту 3. Образующаяся пульпа забирается всасывающим отверстием 16 землесосной системы и по шлангу 9 подается в место отстаивания.

Для гидравлической очистки смотровых колодцев, аванкамер насосных станций, труб-переездов, дренажных коллекторов и других трубопроводов диаметром до 1,5 м создан многоцелевой агрегат, состоящий из трактора МТЗ-82 и двухосного прицепа, на котором установлена цистерна для воды, катушка со шлангом, трубопроводы, запорная арматура и две телескопические стрелы. Агрегат укомплектован грунтососом и набором гидрореактивных снарядов. На задней навеске трактора смонтирован и подключен к валу отбора мощности насос-редуктор дождевальная машины типа ДДН-70.

Грунтосос (рис. 5.10) представляет собой трубную конструкцию и состоит из грунтозаборника 2, конфузора 3, ускорителя 4, диффузора 5, осевого патрубку 1, гидромонитора-рыхлителя 7 и пульпоотвода 6. Принцип работы основан на эффекте эжекции.

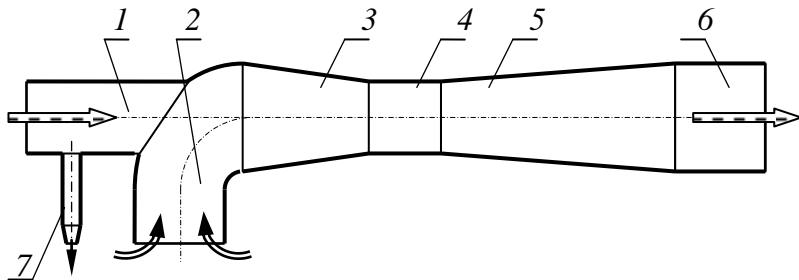


Рис. 5.10. Грунтосос.

Вода подается от насоса-редуктора по питающему шлангу к осевому патрубку и гидромонитору. Большая часть подаваемой воды, проходя через переменное сечение, образуемое конфузуром, ускорителем

и диффузором, создает в грунтозаборнике вакуум. Одновременно с этим часть воды попадает в гидромонитор-рыхлитель, который ввинчивается в осевой патрубков вблизи грунтозаборника и представляет собой конусную насадку диаметром 25 мм. Количество воды, подаваемой в конфузор и на размыв, может регулироваться. Гидромонитор размывает грунт в зоне отсоса, за счет создаваемого вакуума в грунтозаборнике взвешенные частицы наилка в виде пульпы устремляются вместе с подаваемой водой в пульпоотвод.

Грунтосос может быть использован для очистки каналов. Управляя им вручную, можно очистить от ила труднодоступные для механизмов места, такие, как камеры насосных станций, колодцы и др.

Гидрореактивный снаряд (рис. 5.10) состоит из приемной сферической камеры 1, камеры реакции 2, осевого патрубка 3 с соплом 5 и деревянного кожуха 4. Приемная сферическая камера снабжена 8...10 выходными отверстиями диаметром 10 мм, расположенными по окружности. Камера соединена с осевым патрубком. Между приемной камерой и камерой реакции имеется регулируемый кольцевой зазор. Камера служит для приема рабочей воды от насоса-редуктора посредством напорного шланга, распределения ее в камеру реакции и через осевой патрубков к фронтальному соплу.

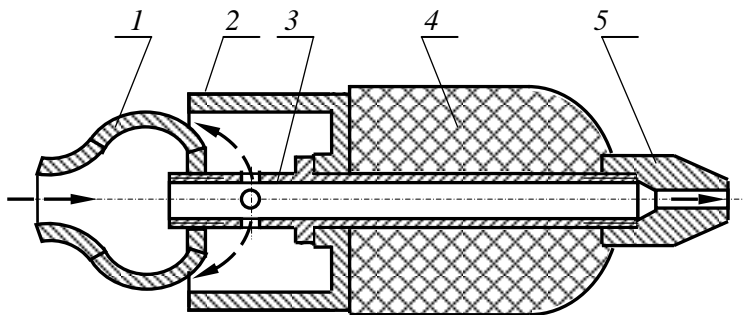


Рис. 5.10. Гидрореактивный снаряд.

Камера реакции представляет собой цилиндр с конусной кромкой, который навинчивается на осевой патрубков. Вода, попадая из приемной камеры и ударяясь в дно цилиндра, образует реактивную струю, которая истекает через кольцевой зазор в виде веера. Кольцевая струя, создавая реактивную тягу и увлекая за собой шланг, вымывает наилки из труб-переездов.

Осевой патрубков является скелетной деталью, на которую монтируются все остальные детали. Оканчивается он фронтальным соплом.

Вода, истекая через фронтальное сопло, играет роль разрушителя наилка.

Деревянный кожух надевается на осевой патрубков, придает снаряду плавучесть и предотвращает встречу снаряда со стыками труб. Гидро-реактивный снаряд может использоваться на очистке водоводов в сочетании с грунтососом. В таком случае насосы размываются гидроснарядом и концентрируются в отстойниках, откуда с помощью грунтосо-са удаляются на поверхность.

Производительность в зависимости от диаметра труб и степени засоренности – 6...20 шт. в смену.

Гидрореактивный снаряд для очистки коллекторов является модификацией снаряда для очистки труб-переездов и состоит из приемной камеры, камеры реакции, осевого патрубка с наконечником и пружины. Для устранения закупорок и корней растений может снабжаться гарпуном. Установленная в снаряд пружина автоматически в зависимости от условий работы регулирует кольцевой зазор, через который истекает реактивная струя. Снаряд имеет меньшую массу и размеры и способен очищать до 800 м коллекторных труб в смену.

6. МАШИНЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННО-РЕМОНТНЫХ РАБОТ СПОСОБОМ ГИДРОМЕХАНИЗАЦИИ

6.1. Виды работ, машины и оборудование для их выполнения

Гидромеханизация – способ производства земляных работ, при котором для разработки, транспортирования и укладки грунта используется энергия потока или струи воды.

Данный способ может применяться при выполнении эксплуатационно-ремонтных работ, связанных с отделением и перемещением грунта. Данная группа может быть представлена достаточно большим перечнем, однако с учетом стесненности в условиях работы, характеристик разрабатываемых грунтов, сравнительно малых объемов перемещаемых грунтов, выполнения работ в непосредственной близости от ГТС этот перечень сокращается. Практически при эксплуатации, реконструкции и ремонте мелиоративных объектов *способом гидромеханизации выполняются работы* по удалению наносов из дрен, облицованных каналов, смотровых колодцев, аванкамер. Осуществляется очистка и углубление крупных каналов, рек-водоприемников, фарватеров, мест водозабора передвижных насосных станций, естественных и искусственных водоемов. Кроме того, способ гидромеханизации может применяться для добычи особого вида ила – сапропеля.

Ряд работ, при которых производится перемещение малых удельных объемов грунтов или извлечение наносов непосредственно из ГТС, выполняется специальными машинами или рабочими органами. К ним относятся: дренопромывочные машины, землесосные рабочие органы каналоочистителей, приспособления для механизации ручных работ, рабочее оборудование ремонтно-эксплуатационных агрегатов для ухода за ГТС и другое рассмотренное выше оборудование и машины. При больших объемах целесообразно применение земле-сосных снарядов или иначе – земснарядов.

6.2. Земснаряды. Классификация и принцип действия

Земснаряд – это плавучая машина, предназначенная для извлечения грунта из-под воды и транспортирования его в виде пульпы, т.е. смеси грунта с водой, к месту укладки.

Земснаряды применяются при строительстве плотин, дамб, крупных каналов, котлованов, водоёмов, при углублении гаваней и фарватеров, при добыче песка, гравия, сапропелей, ракушки, при очистке от наносов мелиоративных каналов, прудов, рек. Они могут также использоваться в качестве плавучих насосных станций.

Применяющиеся при строительстве и эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных объектов *земснаряды классифицируются* следующим образом.

В зависимости от производительности по грунту они делятся на особо малые (до 50), малые (50...200), средние (200...500), крупные (500...1000) и особо крупные (более 1000 м³/ч).

По способу отделения грунта от массива – с гидравлическим, механическим, гидромеханическим, вибрационным отделением.

По типу грунтозаборного или рыхлящего устройства – с наконечником круглым, эллипсным или щелевым со свободным всасыванием (сосуном, всасом), с наконечником с эжекторным всасыванием, с одно- или многосопловым гидравлическим разрыхлителем, с фрезерным (открытая фреза с плоскими ножами, закрытая фреза с ножами двойной кривизны, полуоткрытая фреза с волнообразными ножами, фреза с отвально-режущими элементами), с двухфрезерным (две цилиндрические фрезы) разрыхлителем, с вибратором, с роторно-ковшовым бункерным и безбункерным, многоковшовым цепным, однокорытовым разрыхлителем, фрезерно-сопловым разрыхлителями и др.

По способу транспортирования пульпы – с транспортированием по плавучему трубопроводу, размещаемому на понтонах, подвесному трубопроводу, конвейеру, с выбросной трубой.

По конструкции корпуса – с разборным и неразборным корпусом.

По типу привода основного и вспомогательного оборудования – дизельные, дизель-электрические, электрические.

По месту размещения основного энергопитающего агрегата – с бортовым (трюмное или палубное расположение) и береговым размещением. Последнее используется с применением береговых электростанций или с подключением к линиям электропередач, подающих ток на бортовой трансформатор.

По способу рабочего перемещения – с якорным (тросовым) папильонированием, со свайным (свайно-тросовым) папильонированием, с независимым (хоботовым) перемещением грунтозаборного органа.

По схеме установки свай – с фиксированной установкой, с установкой свай с возможностью их перемещения в прорези по продольной оси земснаряда, с размещением свай в поворотном барабане (роторе).

Кроме того, существуют земснаряды-амфибии, имеющие, как правило, колесное ходовое оборудование и способные перемещаться по суше и по воде.

Независимо от конструктивных особенностей при проектировании земснарядов рекомендуется стремиться к созданию земснарядов с характеристиками, соответствующими оптимизированному типоразмерному ряду (табл. 6.1).

Т а б л и ц а 6. 1. **Оптимизированный типоразмерный ряд мелиоративных земснарядов**

Показатели	Типоразмер			
	первый	второй	третий	четвертый
Техническая производительность по грунту 1-й категории при максимальной дальности транспортирования пульпы, м ³ /ч	50	100	200	400
Дальность транспортирования пульпы, м	200	500	700	1000
Ширина разрабатываемой выемки, м:				
наибольшая	20	30	40	50
наименьшая	4	10	16	25
Глубина разработки, м:				
с разрыхлителем	3	4	6	7
без разрыхлителя	4	6	8	10
Осадка корпуса, м	0,5	0,6	0,8	1,1

При выполнении ремонтно-эксплуатационных работ наибольшее применение находят дизельные земснаряды с неразборным корпусом и трюмным размещением энергопитающего агрегата.

На рис. 6.1 приведена типичная принципиальная схема земснаряда. Несущей частью его является корпус 6. В носовой части корпуса

установлены с возможностью поворота вокруг горизонтальных осей стойка 3 и рама 2 с рабочим органом, состоящим из активного рыхлящего органа (фрезы) 1, ее привода 13 и всасывающего трубопровода 2, который посредством гибкой вставки 14 соединен с грунтовым насосом 7, приводимым в действие дизельным или электрическим двигателем 8. К напорному патрубку грунтового насоса присоединен пульпопровод 10, укладываемый на понтоны при его расположении на воде. На суше при значительной дальности транспортирования он укладывается на инвентарные опоры.

В кормовой части корпуса размещены две сваи 9, управляемые лебедочным механизмом 15.

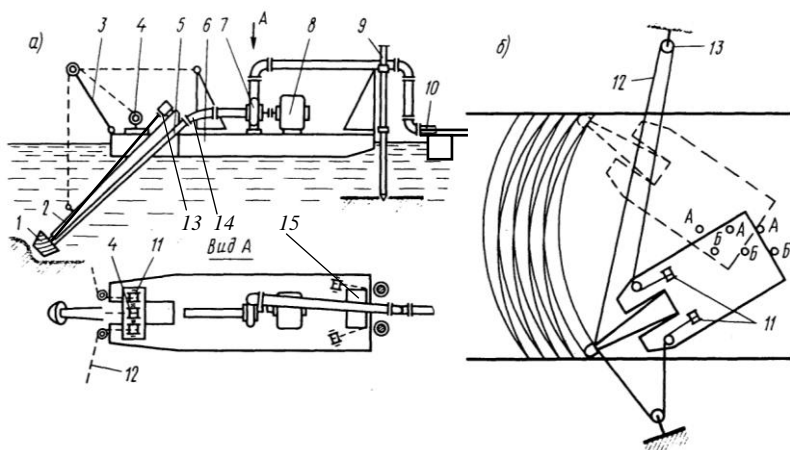


Рис. 6.1. Схема земснаряда: а – вид сбоку и сверху; б – схема свайно-гросового папильонирования.

Для подъема и опускания рабочего органа в носовой части установлены стойка 3 и лебедка 4, а для управления канатами 12, обеспечивающими рабочее перемещение (папильонаж) земснаряда, на палубе установлены лебедки 11. В зависимости от глубины разработки лебедкой 4 устанавливают требуемое положение рамы 2 и включают привод фрезы и грунтовой насос. Фреза рыхлит грунт, который вместе с водой в виде пульпы засасывается во всасывающий трубопровод грунтовым насосом, подается им в пульпопровод и транспортируется по нему к месту укладки. При дальности транспортирования до 30 м вместо пульпопровода может быть установлена выбросная труба, из которой пульпа выбрасывается в виде струи.

Внедрение фрезы в грунт обеспечивается благодаря повороту земснаряда вокруг одной из внедрённых в дно свай (А или Б). Поворотное движение осуществляется согласованным выбором и стравливанием (отпускаями) канатов 12 лебедками 11. Канаты должны быть предварительно оттянуты в стороны и заякорены на дне водоема или, если позволяет обстановка и длина канатов, зафиксированы на берегу. По варианту, показанному на рис. 6.1, на берегу фиксируются отводные блоки 13, а свободные концы канатов крепятся к раме рабочего оборудования. После поворота земснаряда на требуемый угол в дно внедряется свая А, а свая Б лебедочным механизмом поднимается, и посредством канатов 12 земснаряд поворачивается вокруг сваи А в противоположную сторону, заставляя фрезу снимать следующую полосу грунта. Затем сваи снова меняются местами, и земснаряд снова поворачивают в обратном направлении. Так процесс циклично повторяется до окончания зоны выработки или до необходимости переноса якорей канатов или перемещения отводных блоков. Такая схема рабочего перемещения называется свайно-тросовым папильонированием для земснаряда с фиксированной установкой свай.

Для водного транспортного перемещения при смене зоны работы, т.е. при перемещении на значительное расстояние, используются буксиры. Некоторые легкие земснаряды при смене позиций перемещаются за счет реактивного действия струи, выбрасываемой грунтовым насосом.

Мелиоративные земснаряды часто работают в стесненных условиях. В таких случаях могут применяться малогабаритные земснаряды. На рис. 6.2 показан малогабаритный земснаряд УПМ-2. Он, как и описанный выше, имеет свайно-тросовый ход и состоит из фрезы 1 с приводом, стойки 2, рубки 3, технического помещения 4, пульпопровода 5, свай 6, механизма подъема свай 7, двигателя 8, грунтового насоса 9, трюма 10 корпуса, полиспадов подъема рабочего органа 11, рамы 12.

На рис. 6.3 показан *земснаряд с независимым поворотом рабочего органа*. В связи с тем, что поворот рабочего органа приводит к смещению центра тяжести земснаряда, для повышения боковой устойчивости к корпусу 1 посредством раздвижных штанг 15 крепятся дополнительные понтоны 3.

У земснаряда данной схемы грунтовой насос 14 вместе с рыхлителем 2 и гидромотором 13 привода расположен на конце подъемно-поворотной стрелы 11. Пульпопровод 7 от грунтового насоса проложен по трюму и далее по поплавкам. При разработке прорезей шириной больше амплитуды поворота рабочего органа применяется свайно-тросовое или тросовое папильонирование, осуществляемое посредством четырех лебедок 16. Посредством этих лебедок обеспечивается также фиксация в нужном положении и продольное перемещение зем-

снаряда.

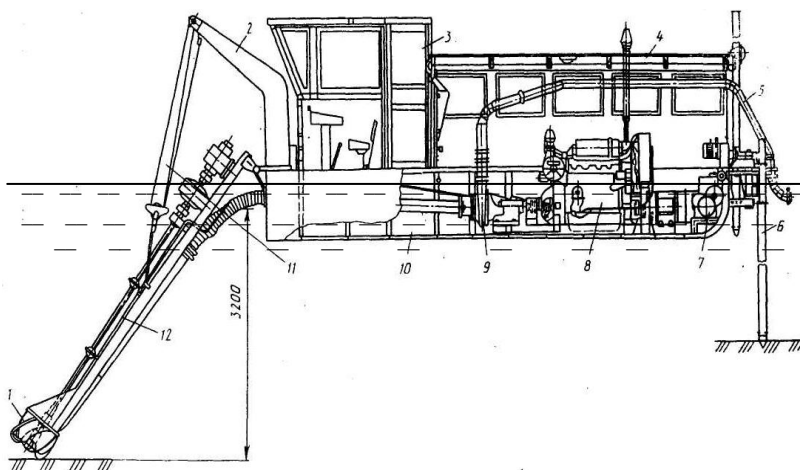


Рис. 6.2. Схема малогабаритного земснаряда.

Управление земснарядом осуществляется из рубки 5. Освещение места работы обеспечивается фарами 6. Силовой установкой является дизельный двигатель 8 с насосной установкой 9, обеспечивающей подачу масла к исполнительным механизмам. Поворот стрелы производится двумя гидроцилиндрами 1, её подъем и опускание – гидроцилиндром 4. При необходимости грунтовой насос вместе с рыхлителем и приводом может поворачиваться в вертикальной плоскости гидроцилиндром 12.

При небольшой глубине воды и достаточно прочном дне для выполнения эксплуатационных работ, например очистки или углубления каналов, могут использоваться *земснаряды-амфибии*. Схема одного из вариантов такой машины показана на рис. 6.4.

Земснаряд данного типа помимо корпуса 10 с рубкой 8 и установленной в трюме силовой установки 9 имеет рабочий орган с независимым поворотом. Он состоит из грунтозаборного органа 1 с гидромотором 2, стрелы 3, пульпопровода 4 с гибкой вставкой 7 и поворотной колонки 5, работающей по принципу колонки гидравлического неполноповоротного одноковшового экскаватора. Кроме того, земснаряд имеет пневмокошечное ходовое оборудование, включающее передний ведущий мост 6 и заднюю опору 11, шарнирно соединенную с корпусом. Их положение по высоте может меняться с помощью гидросисте-

мы. В рабочем положении передний мост опускается до упора в дно. Он обеспечивает при этом устойчивость земснаряда и его продвижение по дну.

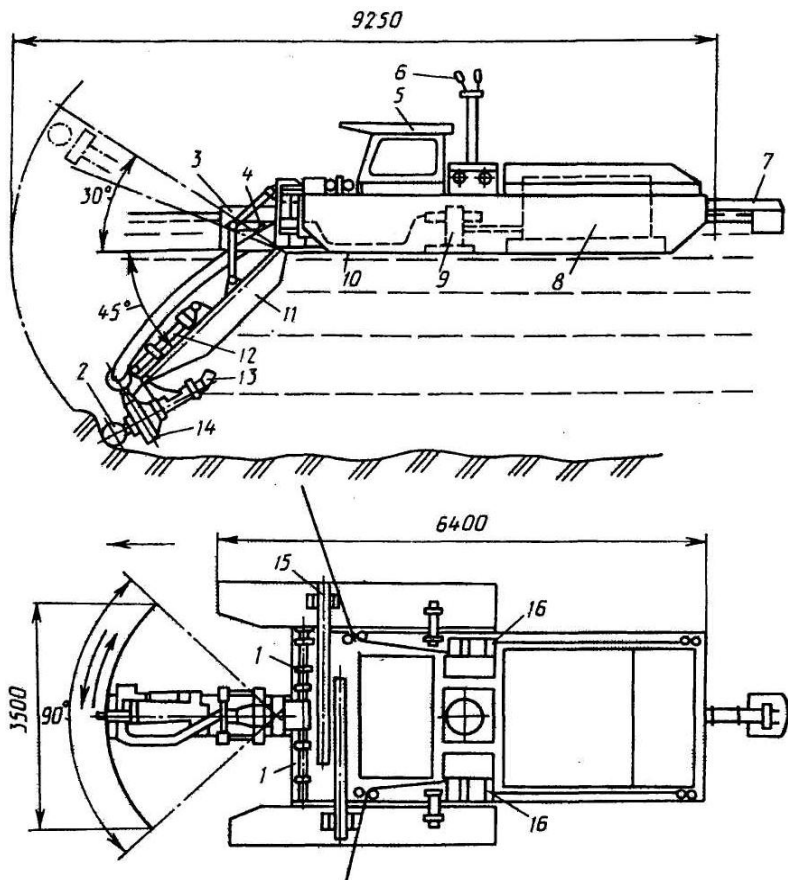


Рис. 6.3. Схема земснаряда с независимым поворотом грунтозаборного органа.

Привод и управление рабочим органом производится гидросистемой. При необходимости перевода земснаряда транспортным ходом на другой объект задняя опора опускается, и земснаряд выводится на берег, для чего может использоваться дополнительная буксирующая машина.

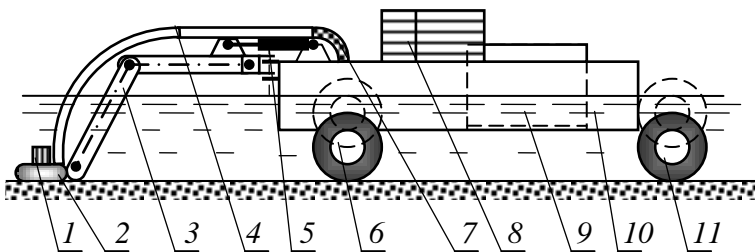


Рис. 6.4. Схема земснаряда-амфибии с независимым поворотом
грунтозаборного органа.

Близким по назначению является земснаряд-амфибия на многоопорном шасси с независимым поворотом грунтозаборного органа и свайными опорами, показанный на рис. 6.5.

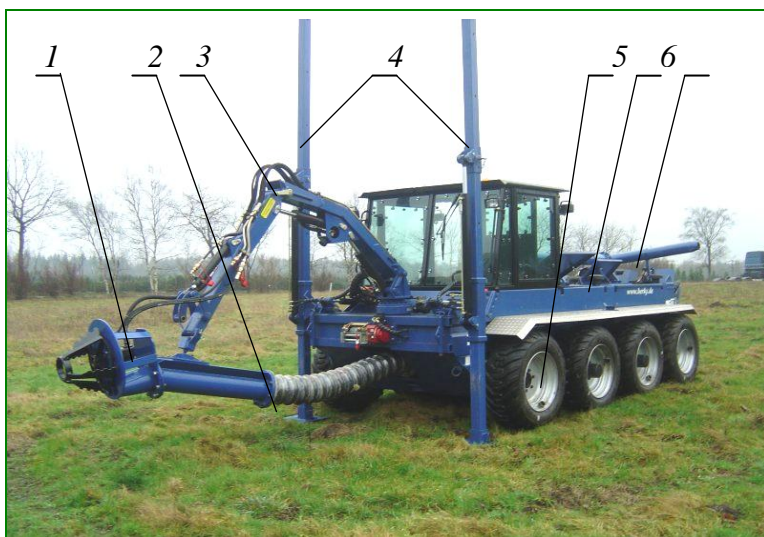


Рис. 6.5. Земснаряд-амфибия на многоопорном шасси с независимым поворотом
грунтозаборного органа и свайными опорами.

Земснаряд состоит из грунтозаборного органа *1*, всасывающей трубы с гибкой вставкой *2*, поворотной стрелы *3*, свайных вертикальных опор *4*, восьмиколесного пневматического шасси *5*, корпуса *6* с рубкой, грунтовым насосом и силовой установкой, а также выбросной

трубы 7. Во время работы земснаряд опирается о дно свайными опорами, что предотвращает крен корпуса при поворотах рабочего оборудования.

Процесс выброса пульпы показан на рис. 6.6.



Рис. 6.6. Вид работы земснаряда-амфибии с выбросной трубой.

Более мобильным в процессе работы является *земснаряд с выносными донными колесными опорами*, показанный на рис. 6.7.

Засасывание пульпы на земснарядах производится грунтовыми центробежными насосами, но в отличие от центробежных насосов для чистой воды грунтовые насосы в связи с необходимостью пропуска гравия, гальки, разного рода обломков число лопаток рабочего колеса уменьшено и составляет 3...6 шт., зазоры между колесом и корпусом увеличены, внутренние сечения и конфигурация проходных каналов не всегда являются гидродинамически оптимальными. Все эти вынужденные меры снижают КПД насоса. Кроме того, для повышения износостойкости насосов их внутренние поверхности покрывают (футеруют) защитными материалами – резиной, базальтом, износостойкими сплавами, износостойкими материалами на органической связке.



Рис. 6.7. Земснаряд с независимым поворотом грунтозаборного органа и выносными донными колесными опорами.

Марка стандартных грунтовых насосов типа Гр состоит из буквенной и цифровой частей.

К буквам Гр могут быть добавлены буквы У или О при соответственно увеличенном или уменьшенном проходе сечения проточной части. У футерованных насосов добавляется буква Р, Т или К, если футерующими материалами являются соответственно резина, износостойкий металл или антиабразивный материал на органической связке. Насосы с вертикальным валом имеют в этой части марки букву В. В числителе цифровой части указывается производительность насоса по пульпе в м³/ч, а в знаменателе – напор в м вод. ст. Например, Гр УК 400/20 расшифровывается как грунтовой насос с увеличенным проходным сечением, футерованный абразивным материалом на органической связке, с горизонтальным валом, имеющий производительность по пульпе 400 м³/ч и напор 20 м вод. ст.

Кроме того, на мелиоративных земснарядах иногда используются центробежные насосы с марками других структур.

Основные технические данные используемых в мелиоративном строительстве земснарядов приведены в табл. 6.2.

Т а б л и ц а 6.2. Технические данные земснарядов

Название и марка	Назначение	Силовая установка, ее мощность, кВт	Полный напор, кПа	Производительность, м ³ /ч	Число персонала
Многофункциональная плавучая машина МПМ-44	Строительство и очистка каналов, очистка водоемов, каналов, малых рек	Дизельная, 44	200	20	2
Мелиоративный землесосный снаряд МЗ-10	Очистка от наносов мелиоративных каналов	Дизельная, 59	200	50	2
Мелиоративный землесосный снаряд МЗ-11	Углубление рек, очистка отстойников магистральных и сетевых каналов	Дизельная, 116	300	100	3
Мелиоративный землесосный снаряд МЗ-12	Очистка от наносов и реконструкция каналов, водоемов и малых рек	Дизельная, 220	250	200	4
Земснаряд ЛС-27	Строительство и очистка ирригационных каналов, спрямление русла, устройство прорези	Дизельная, 450	280	250	3
Мелиоративный землесосный снаряд МЗ-6	Реконструкция и очистка крупных каналов и отстойников, регулирование естественного водотока	Дизельная, 810	350	270	6

Белорусская Система машин предусматривает использование земснарядов Д-110/47-И и ЭСГ-800/40.

6.3. Схемы работы земснарядов

Земснаряды, оснащенные свайным аппаратом, могут использовать свайно-тросовое или тросовое перемещение. Описанный выше способ *свайно-тросового перемещения земснаряда с фиксированной установкой свай* схематически показан на рис. 6.8,а.

Земснаряд посредством лебедок поочередно поворачивается относительно свай *а* и *б*. При этом его грунтозаборный орган движется по изображенной на схеме траектории с зонами пропуска грунта, обозначенными цифрой 3, и с зонами, на которых грунт был забран при предыдущем повороте земснаряда, обозначенными цифрой 2. Этот недостаток меньше проявляется в земснарядах со сваями, перемещающимися в прорези по продольной оси земснаряда (рис. 6.8,б). Здесь свая *а* установлена в неподвижной направляющей и может перемещаться

только вверх и вниз, а свая *б* может перемещаться не только вверх и вниз, но и по продольной прорези в корпусе. Во время папильонирования свая *а* неподвижна и поворот происходит вокруг нее, а свая *б* находится в поднятом положении b_2 . После завершения поворота налево опускается свая *б*, поднимается свая *а*, и земснаряд подтягивается вперед по прорези к свае *б*, которая оказывается в заднем положении. Затем свая *а* опускается, свая *б* поднимается, и земснаряд совершает вокруг сваи *а* рабочий поворот направо и т.д. При таком способе рабочего перемещения величина недоборов и холостых зон значительно сокращается.

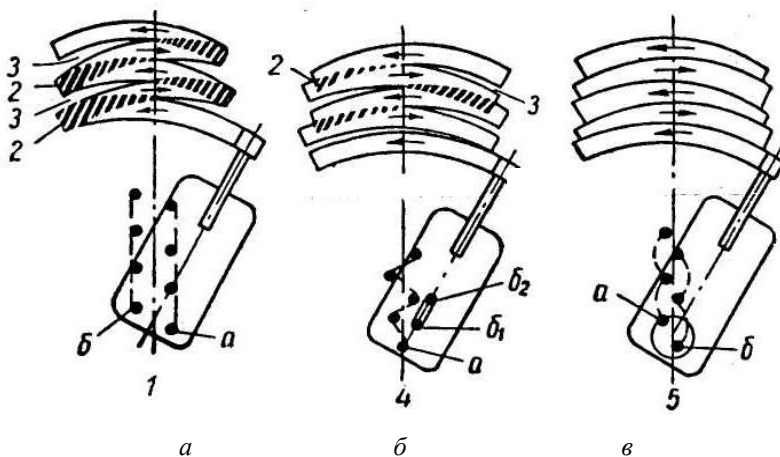


Рис. 6.8. Схема рабочих ходов земснаряда: а – с фиксированной установкой свай; б – со сваями, перемещающимися в прорези по продольной оси земснаряда; в – с роторным свайным аппаратом.

Практически отсутствуют недоборы и холостые зоны при работе земснарядов с роторным свайным аппаратом (рис. 6.8,в). Аппарат состоит из поворотного барабана с направляющими обоймами, в которых в вертикальном направлении могут перемещаться сваи *а* и *б*. В исходном положении обе сваи внедрены в грунт и поворот земснаряда налево происходит относительно барабана. После окончания поворота свая *б* поднимается и поворотом барабана переставляется вперед. При этом и земснаряд перемещается вперед. Затем свая *б* опускается и осуществляется поворот земснаряда направо, после чего переставляется свая *а*, и т.д. Однако, несмотря на технологические преимущества двух последних схем, вследствие более простой конструкции наиболее распространенной является схема с фиксированным положением свай.

При тросовом перемещении в зависимости от вида выполняемых работ, глубины воды, ширины выемки и свойств разрабатываемого грунта применяют следующие, показанные на рис. 6.9, *способы рабочих перемещений*: траншейный, параллельный, багермейстерский, верный, крестовый, отдельными воронками.

Траншейный способ (рис. 6.9,а) применяется при выполнении профильных выемок в сыпучих оползающих грунтах. Грунтозаборное устройство, работающее способом свободного всасывания, перемещается вдоль разрабатываемой прорези. Работа ведется параллельными траншеями с применением становой лебедки. Наибольший эффект достигается при работе земснаряда по направлению течения воды.

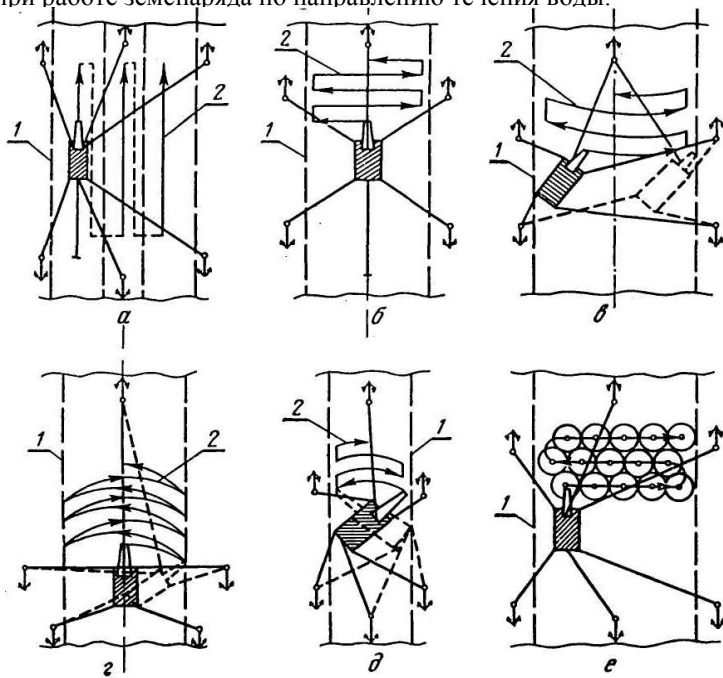


Рис. 6.9. Способы рабочих перемещений земснаряда при тросовом папильонировании: а – траншейный; б – параллельный; в – багермейстерский; г – верный; д – крестовый; е – отдельными воронками.

Параллельный (рис. 6.9,б) используется в случаях, когда за кромками траншеи на расстоянии не менее половины ширины корпуса земснаряда имеются глубины, достаточные для перемещения снаряда, оборудованного грунтозаборным устройством без разрыхлителя. При

продвижении снаряда от одной бровки прорези к другой ось его корпуса остается параллельной оси прорези.

Багермейстерский (рис. 6.9,в) применяется при достаточном просторе для перемещения земснаряда. Разработка грунта ведется при помощи гидравлического или механического разрыхлителя во время перемещения корпуса от одной бровки прорези к другой с поворотом его на определенный угол. При перемещениях земснаряда оси его положений параллельны друг другу. Земснаряд устанавливается против течения.

При *веерном* способе (рис. 6.9,г) он также устанавливается против течения. Способ применяется в случаях, когда ширина разрабатываемой прорези на уровне проектного дна равна одной-двум длинам корпуса земснаряда, а глубина воды за кромками прорези меньше осадки земснаряда. Грунтозаборное устройство, оборудованное механическим разрыхлителем, совершает маятниковые движения от одной бровки прорези к другой.

Крестовый (рис. 6.9,д) применяется в случаях, когда ширина прорези на уровне проектного дна меньше длины корпуса земснаряда. Движение грунтозаборного устройства с механическим разрыхлителем происходит как бы относительно точки, расположенной в центре корпуса земснаряда.

При крестовом, как и при веерном, земснаряд располагается против течения, но скорость течения воды из-за больших углов поворота земснаряда не должна быть очень высокой.

Разработка грунта *отдельными воронками* (рис. 6.9,е) применяется при разработке непрофильных выемок в несвязных грунтах. Грунтозаборное устройство без разрыхлителя перемещается по мере разработки отдельных воронок.

При возможности применяется свайно-тросовое папильонирование, обеспечивающее большую производительность и лучшее качество работ. При этом способе упрощается управление земснарядом, уменьшается число папильонажных тросов, пересекающих место производства работ.

6.4. Устройство и принцип действия грунтозаборных органов

Тип применяющегося на земснаряде грунтозаборного органа зависит главным образом от свойств разрабатываемых грунтов. Для извлечения легко разрабатываемых грунтов, таких, как песок, несвязная супесь, неслежавшийся ил, применяются *наконечники для свободного всасывания грунта*.

По форме они могут быть *в виде конуса* (рис. 6.10,а) с защитной решеткой на входе. Применяются при всасывании грунта из цилиндри-

ческих углублений (зумпфов) и при разработке грунта способом отдельных воронок. *Эллиптические наконечники* (рис. 6.10,б), используются для траншейного способа, а *щелевые* (рис. 6.10,в) – при боковых или верных рабочих перемещениях земснаряда.

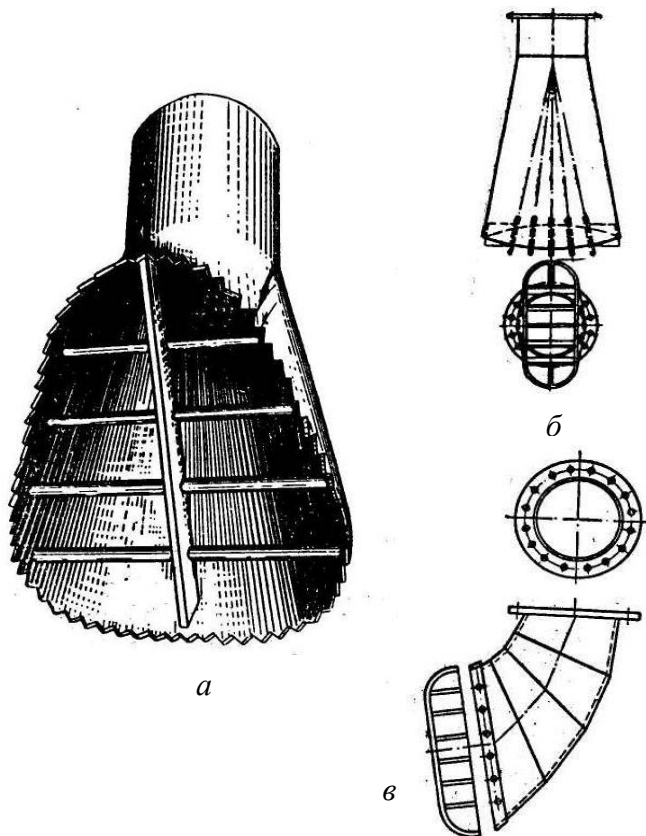


Рис. 6.10. Наконечники для свободного всасывания грунта: а – конусный; б – эллиптический; в – щелевой.

Для разработки грунта на больших глубинах, как правило, свыше 10...11 м применяются *грунтозаборные органы с инжекторами*, т.е. с устройствами, обеспечивающими существенное повышение разрежения в зоне всасывания за счёт внешней подачи воды через сужающиеся сопла (инжекторы). На рис. 6.11,а и б показаны всасывающие трубы с

центральной подачей воды, на рис. 6.11,в – с периферийной, на рис. 6.11,г – с установкой инжектора в колене перед грунтовым насосом.

У насадок по схеме рис. 6.11а, б, г инжектирующая вода подаётся по трубам 2, засасываемая пульпа идет по трубам 1 к грунтовому насосу 4 насадки, у насадки на рис. 6.11,в инжектирующая вода поступает в камеру 2 и далее по патрубкам 3 на инжектирование во всасывающую трубу 1.

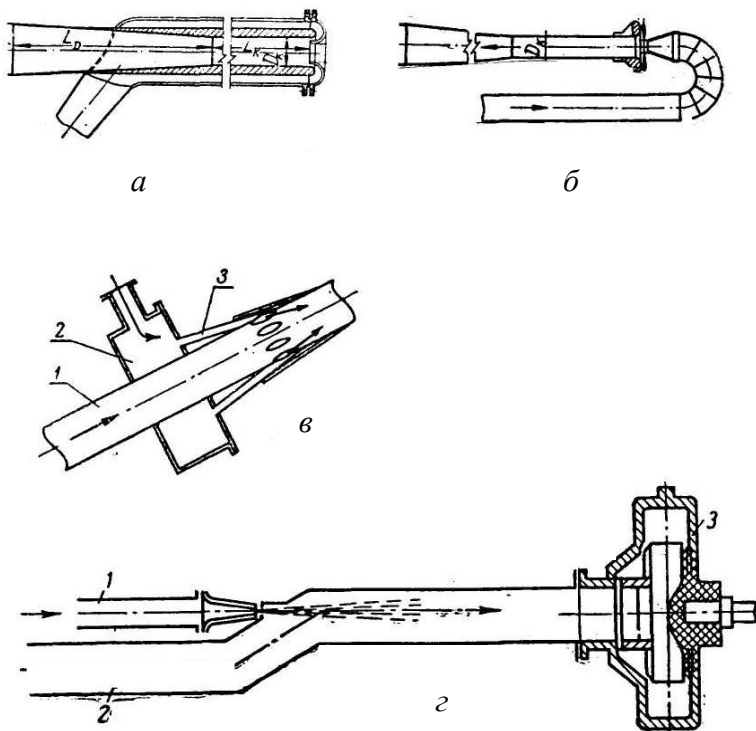


Рис. 6.11. Наконечники с инжекторами для свободного всасывания грунта:
а, б – с центральной подачей воды; в – с периферийной;
г – с подачей воды в поворотное колено.

Для более интенсивного размывания грунта и повышения консистенции пульпы применяются *односопловые (мониторные) и многосопловые гидравлические разрыхлители*.

Суть работы грунтозаборного органа с односопловым разрыхлителем (рис. 6.12,а) заключается в том, что рядом с основной всасываю-

щей трубой 1 смонтирован дополнительный трубопровод 2 меньшего диаметра, оканчивающийся соплом 3, направленным в зону всасывания грунта. В процессе работы по этому трубопроводу под давлением подается вода, с большой скоростью истекающая из насадка и интенсифицирующая процесс разрушения разрабатываемого грунта.

Более совершенными являются многосопловые разрыхлители с соплами, установленными на трубчатом кольце (рис. 6.12,б).

Вода на размывание от насоса подается по трубопроводу 3 в трубчатое кольцо 2 с соплами 1. Сопла установлены таким образом, что разрушаемый истекающими из них струями грунт направляется к центру, откуда отсасывается через всасывающий трубопровод 5. Для улучшения приспособляемости к рельефу дна разрыхлитель с всасывающим трубопроводом соединен посредством шарового шарнира 4.

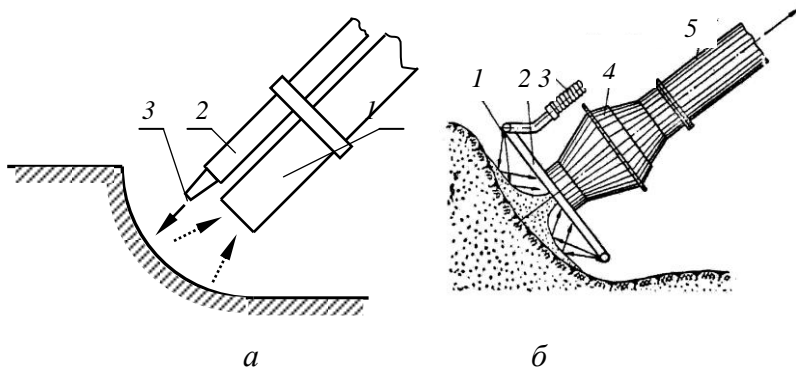


Рис. 6.12. Наконечники с гидравлическими разрыхлителями:
а – односопловой; б – многосопловой.

Разработка тяжелых и слежавшихся грунтов требует их активного рыхления. Наиболее распространенным является механическое рыхление с применением разных механических приспособлений – фрез, роторов, ковшей, скребков и т.п. На рис. 6.13 показаны фрезы наиболее типичных конструкций.

Фреза открытая с плоскими ножами (рис. 6.13,а) и *закрытая (митрообразная) с ножами двойной кривизны* (рис. 6.13,б) предназначены для разработки суглинков легких и тяжелых, а также плотных гравийно-песчаных грунтов. Режущая кромка может быть гладкой, волнообразной и с зубьями или зазубринами. Вид митрообразной фрезы с зазубренной режущей кромкой показан на рис. 6.7.

Для таких же условий работы применяется *полуоткрытая фреза с ножами волнообразной формы* (рис. 6.13,в), которые более сложны в изготовлении, но более эффективны при резании грунта.

Налипающие грунты, такие, как суглинки, глины, слежавшийся ил, разрабатываются с применением *фрезы с отвально-режущими лопастями* – *ложковыми* или *плужными* (рис. 6.13,г).

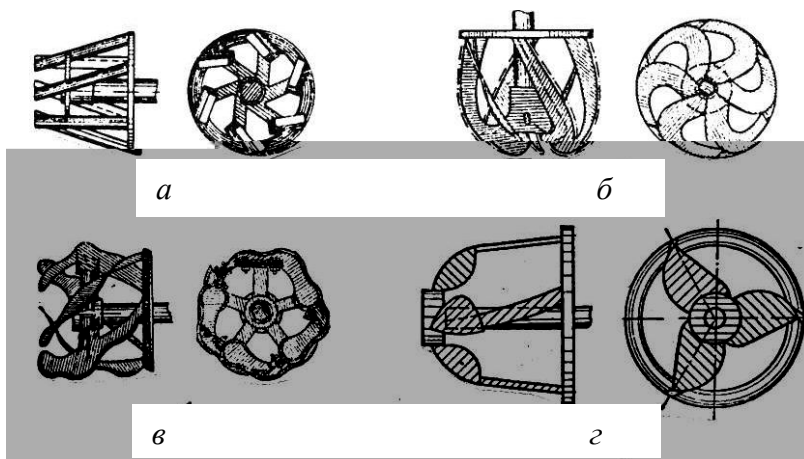


Рис. 6.13. Фрезы наиболее типичных конструкций: а – открытая с плоскими ножами; б – закрытая (митрообразная) с ножами двойной кривизны; в – полукрытая с ножами волнообразной формы; г – отвально-режущими лопастями.

Ротационные рыхлящие органы с копающими элементами в виде ковшей обычно называют роторными, которые обычно бывают одно-роторными или чаще двухроторными с вертикальной или горизонтальной осями вращения. Ковши отделяют грунт и перемещают его к всасывающей трубе, что обеспечивает высокую концентрацию пульпы, в том числе в гравийно-песчаных и плотных песчаных грунтах. Более высокая консистенция пульпы обеспечивается при применении *бункерных разрыхлителей*. На рис. 6.14 показаны двухроторные бункерный (а) и безбункерный (б) разрыхлители с ковшами. У данных двухроторных многоковшовых разрыхлителей всасывающая труба расположена между роторами.

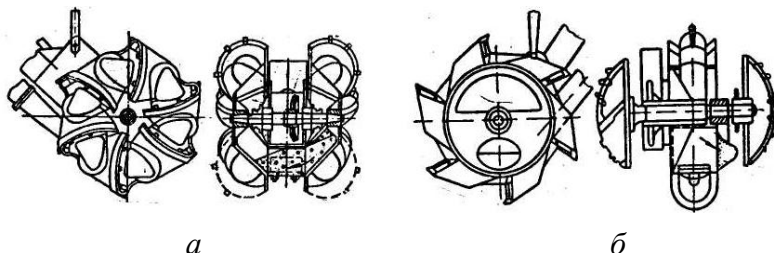


Рис. 6.14. Двухроторные многоковшовые фрезы: а – бункерная; б – безбункерная.

При производстве мелиоративных и, в особенности, ремонтно-эксплуатационных работ приходится разрабатывать торфяники и другие грунты, засоренные корнями растений, пнями, топляком. В этих условиях достаточно эффективным является применение *винтовой фрезы* (рис. 6.15), состоящей из вала 1 с установленными на нем по винтовой линии лопатками 2 с острыми режущими кромками. Разрыхленный грунт вместе с водой засасывается в отверстие 3.

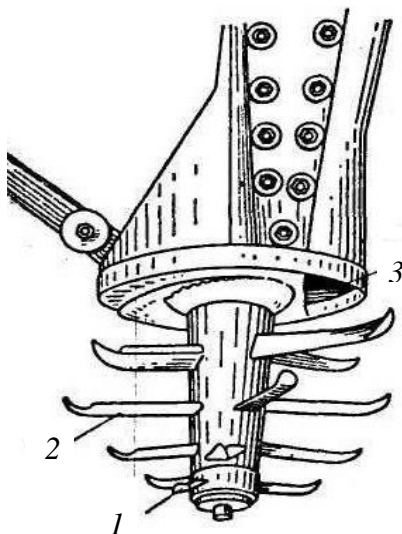


Рис. 6.15. Разрыхлитель с винтовой фрезой.

Наиболее надежным при разработке вязких и заросших грунтов является *двухбарабанный рабочий орган* (рис. 6.16).

Он состоит из двух барабанов 1, вращающихся навстречу друг другу и приводимых во вращение валами 4. Барабан состоит из набора дисков, на которых крепятся плоские Г-образные ножи. Диски связаны между собой и с валом посредством фрикционов, сжатых между собой нажимными пружинами. В случае перегрузки или встречи с непреодолимым препятствием диски проворачиваются, предохраняя ножи от поломок. Разрыхленный грунт вращающиеся барабаны направляют к всасывающей трубе 3. Вертикальное расположение рамы 2 и соответственно барабанов позволяет разрабатывать грунты траншейным способом. Толщина разрабатываемого слоя равна высоте барабанов.

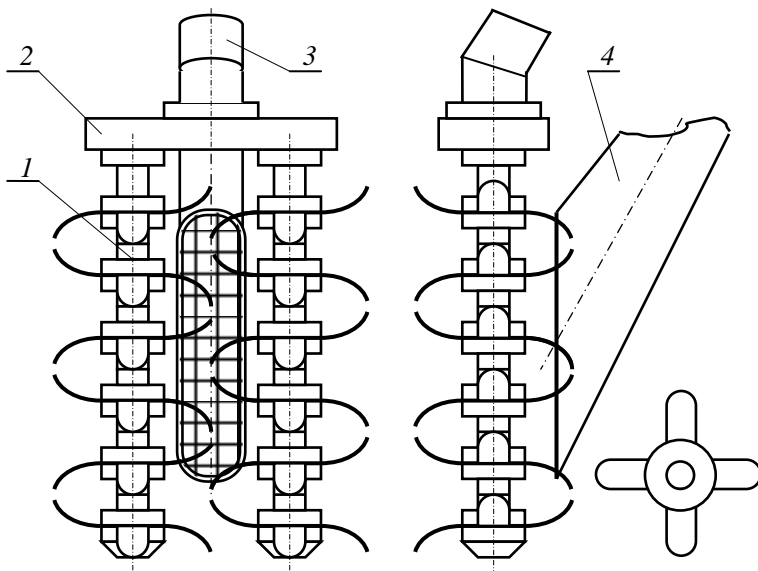


Рис. 6.16. Схема двухфрезерного разрыхлителя.

Для разработки липких грунтов предназначен *двухроторный черпаковый самоочищающийся разрыхлитель*, схема работы которого показана на рис. 6.17. Рабочие элементы разрыхлителя базируются на корпусе редуктора 1 с гидроприводом, обеспечивающими встречное вращение роторов.

Роторы представляют собой ступицы 2 с прикрепленными к ним черпаками 4 и очистителями 3. Форма и расположение черпаков и очистителей выбраны такими, что при встречном вращении роторов очистители входят в черпаки и выталкивают из них грунт, который вместе с водой поступает во всасывающую трубу.

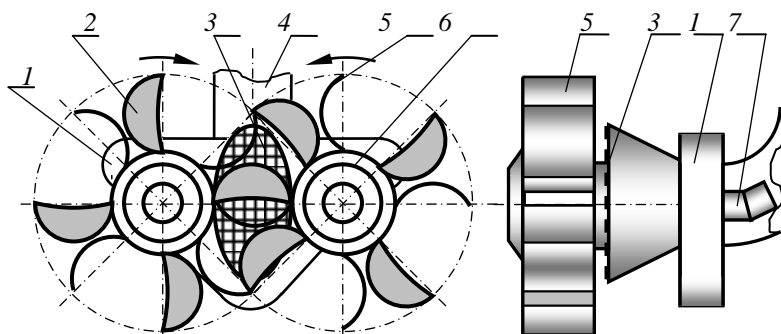


Рис. 6.17. Схема двухроторного черпакового разрыхлителя.

Иногда используются *цепные разрыхлители*. Варианты *цепного черпакового* (а) и *цепного скребкового* (б) разрыхлителей показаны на рис. 6.18.

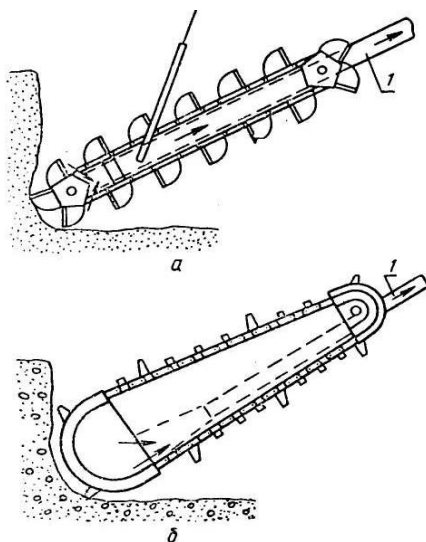


Рис. 6.18. Разрыхлители: а – цепной черпаковый; б – и цепной скребковый.

При воздействии на грунты колебаний с определенными характеристиками грунты приобретают свойства текучести. Это явление исполь-

зуются на земснарядах для виборыхления тяжелых, слежавшихся песчано-гравийных грунтов. Один из вариантов *вибро-рыхлителя* показан на рис. 6.19.

Рыхлитель состоит из виброголовки 2, вибраторов 3 направленного действия, решетки 4 с гидравлическими насадками 5. Вибрирующая часть рыхлителя переводит грунт в текучее состояние, а насадки размывают и направляют его к всасывающей трубе 1.

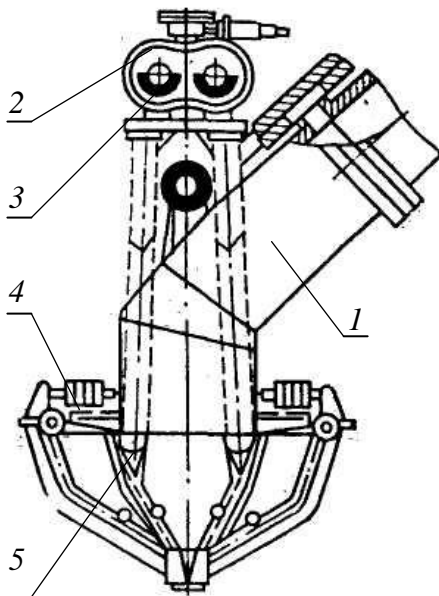


Рис. 6.19. Схема вибрационного разрыхлителя.

Совмещение механического и гидродинамического воздействий на грунт используется у *фрезерно-гидравлического разрыхлителя*, показанного на рис. 6.20. Его фреза снабжена лобовым насадком 1, боковыми разрыхляющими насадками 6 и смазывающе-подводящими насадками 7. Они исключают залипание ножей фрезы и увеличивают зону всасывания грунта. Вода к насадкам при работе в налипающих грунтах подается от дополнительного насоса по главному водопроводу 3 через каналы 2 вала фрезы, установленного в головном подшипнике 4, и подающие патрубки 5.

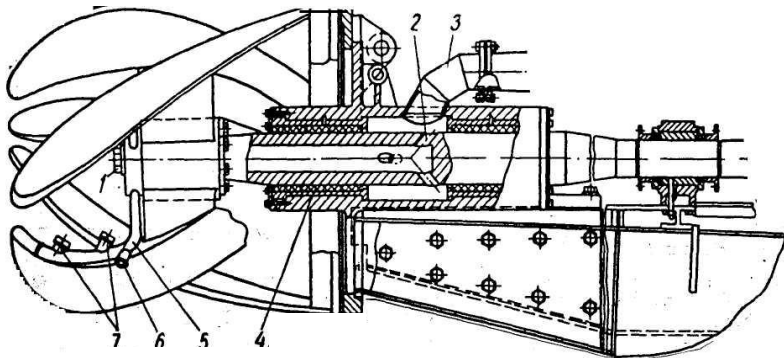


Рис. 6.20. Фрезерно-гидравлический разрыхлитель.

Сходную схему воздействия на грунт имеет *поворотный рабочий орган* (рис. 6.21). Рыхление грунта производится зубьями 1, прикрепленными к поворотному экрану 2, при повороте последнего в горизонтальной плоскости. В зубьях установлены сопла, к которым может подаваться под давлением вода.

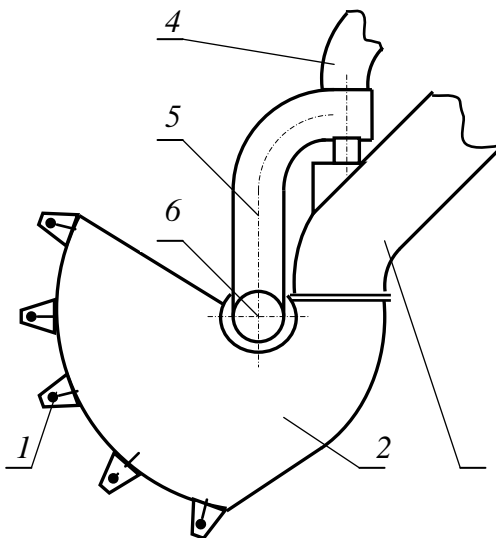


Рис. 6.21. Поворотный рабочий орган с гидромеханическим разрыхлением грунта.

Рабочее движение в горизонтальной плоскости экран совершает так же, как и другие разрыхлители, и может поворачиваться. При рабочем перемещении экрана в сопла, по трубопроводам 4, 5 и вала 6 подается вода, производящая размывание грунта.

Засасывание пульпы производится всасывающей трубой 3. При необходимости экран может поворачиваться в вертикальной плоскости вокруг горизонтального вала 6.

Одна из важнейших проблем при разработке грунта земснарядами и землесосами – повышение консистенции пульпы – решается применением забора грунта из ограниченного пространства. Это пространство ограничивается бункером, экраном или ковшом. Например, в Нидерландах используется *одноковшовый рабочий орган* (рис. 6.22,а), у которого ковш на стрелу земснаряда навешен по схеме, напоминающей схему навески драглайна экскаватора. На ковш 7 установлен всасывающий насос 5 с гидроприводом 4, к которому по шлангам 3 подается рабочая жидкость.

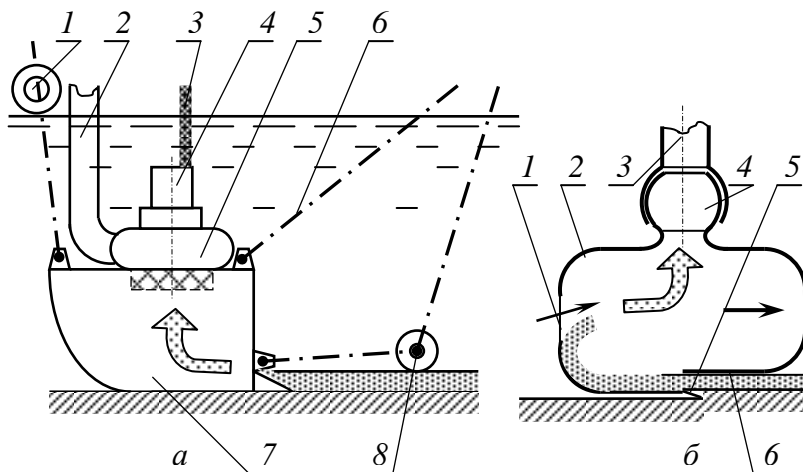


Рис. 6.22. Одноковшовые рабочие органы: а – с канатной подвеской; б – с шарнирной.

Насос засасывает грунт с водой непосредственно из перемещающегося ковша и нагнетает пульпу по трубопроводу 2. Перемещение ковша производится канатами 6, стабилизация положения – грузом 8, а контроль положения – поплавком 1.

Согласование перемещения ковша и производительности грунтозаборного насоса обеспечивает оптимальную консистенцию пульпы.

Кроме того, установка насоса под водой позволяет достичь больших глубин разработки грунта.

Другим вариантом одноковшового разрыхлителя является, показанный на рис. 6.22,б. Ковш 2, опирающийся на днище 6, при перемещении срезает ножом 5 стружку грунта, поступающую внутрь ковша, из которого через шаровое шарнирное соединение 4 отсасывается вода. Поступающая через щель 1 внутрь ковша вода размывает стружку грунта и перемешивается с ним, образуя пульпу необходимой консистенции, которая отводится по трубопроводу 3.

6.5. Машины для добычи сапропелей

Сапропели – это донные отложения пресных водоемов, образовавшиеся в результате накопления и химико-биологических преобразований остатков населяющих водоемы растительных и животных организмов и минеральных примесей, поступающих с поверхностным стоком, речными водами и пылью.

Сапропели, с одной стороны, представляют собой достаточно ценное сырье или органическое удобрение, с другой – являются отложениями, уменьшающими глубину водоема, насыщенность воды кислородом и снижающим продуктивность и рекреационную ценность водоема. Поэтому извлечение сапропелей является, несомненно, целесообразным, однако их обезвоживание и доведение до требуемых для использования кондиций является достаточно сложным процессом, что пока сдерживает темпы разработки имеющихся в водоемах Беларуси очень больших запасов сапропелей.

Добычу сапропелей ведут с применением земснарядов, например, таких, как 8-ПЗУ-3М или ЗРС-2, или на больших озерах – землесосов типов 150-45Т, 200-50Т, 300-40Т, 350-50Т. Кроме того, существуют специальные машины для добычи сапропелей, как и земснаряды, являющиеся плавучими машинами, использующими принцип гидромеханизированной разработки грунта и транспортирования его к месту укладки (намыва) в виде пульпы.

При удаленности места намыва до 500 м сапропели добывают плавучей установкой типа ЭТП-1 или малыми и особо малыми мелиоративными земснарядами.

Один из вариантов машины для добычи сапропелей схематически показан на рис. 6.23.

Данная машина имеет плавучий корпус 6, якоря 1 для фиксации и перемещения, управляемые лебедками 3. Сапропель вместе с водой засасывается через заборное устройство 7 грунтовым насосом 4, который приводится в действие силовой установкой 5. Транспортирование пульпы производится по пульпопроводу 2.

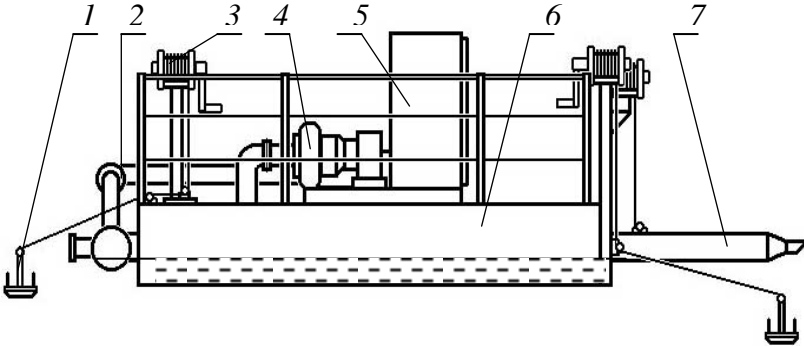


Рис. 6.23. Схема машины для добычи сапропелей.

7. ОСНОВЫ ТЕОРИИ И РАСЧЕТА КАНАЛООЧИСТИТЕЛЕЙ С ЦЕПНЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

7.1. Кинематические соотношения многоковшовых и скребковых рабочих органов поперечного копания

Изложенное теоретическое описание кинематических соотношений применимо для многоковшовых и скребковых рабочих органов поперечного копания. Схема к пояснению расчета кинематических соотношений приведена на рис. 7.1. Здесь условно изображен фрагмент скребковой цепи, находящейся в контакте с очищаемым откосом.

В процессе работы цепь со скребками движется поперек откоса со скоростью $v_{ц}$, а каналочиститель перемещается вдоль канала со скоростью $v_{п}$, в результате скребки будут иметь абсолютную скорость $v_{а}$. Угол γ отклонения вектора абсолютной скорости от вектора скорости цепи можно определить по формуле

$$\gamma = \arctg (v_{п} / v_{ц}). \quad (7.1)$$

При известной технической производительности $\Pi_{т}$ машины и заданных параметрах снимаемого за один проход слоя наносов, характеризующихся расчетной толщиной наносов $h_{н}$ и длиной снимаемой стружки $L_{с}$, которая зависит от размеров канала и складывается из длин обрабатываемых элементов периметра канала, величину скорости рабочего передвижения рассчитывают по формуле

$$v_{п} = \Pi_{т} / h_{н} L_{с}. \quad (7.2)$$

Скорость цепи кинематически определяется с учетом частоты сыпок $z_{с}$ грунта и шага скребков $T_{с}$:

$$v_{ц} = T_{с} z_{с}. \quad (7.3)$$

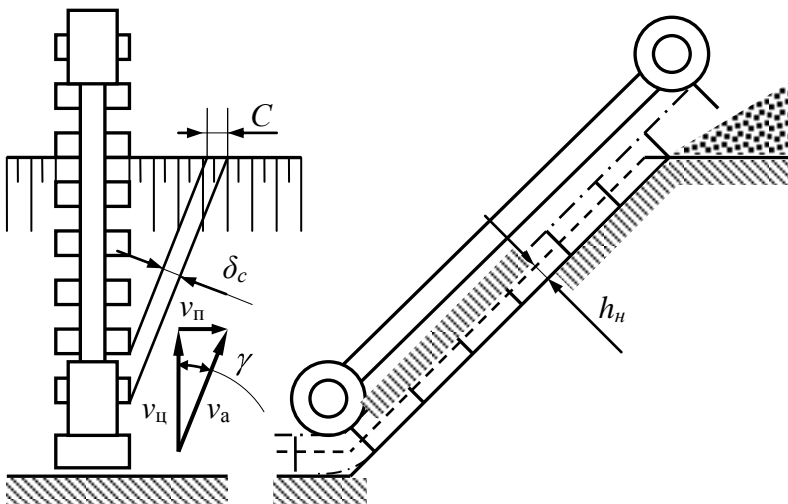


Рис. 7.1. Схема к пояснению расчета кинематических соотношений для цепного скребкового рабочего органа поперечного копания.

Частота сыпков есть величина, обратная времени перемещения скребка на величину шага. За это время каналочиститель переместится в направлении рабочего передвижения на величину *подачи на скребок* C , которую можно рассчитать следующим образом:

$$C = v_n T_c / v_{ц} = v_n / z_c. \quad (7.4)$$

Полученной подаче на скребок, согласно рис. 7.1, соответствует *толщина стружки* δ_c , снимаемой боковой кромкой, являющейся режущей кромкой скребка,

$$\delta_c = C \cos \gamma. \quad (7.5)$$

Тогда *площадь поперечного сечения стружки* A_c , срезаемой одним скребком, можно определить по формуле

$$A_c = h_n \delta_c, \quad (7.6)$$

а *площадь снимаемых наносов* A_n – по формуле

$$A_n = h_n L_c. \quad (7.7)$$

Форма и размеры стружки при очистке дна и откоса канала приведены для примера на рис. 7.2.

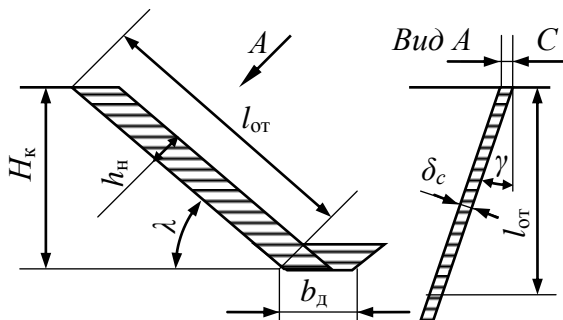


Рис. 7.2. Форма и размеры стружки.

7.2. Расчет основных параметров цепного скребкового рабочего органа

При расчете параметров рабочего органа рекомендуется [10] принимать *высоту скребка* h_c в зависимости от расчетной толщины снимаемых наносов по соотношению

$$h_c = (1,10 \dots 1,35) h_n \quad (7.8)$$

Шаг скребков определяется, исходя из условия оптимального заполнения межскребкового пространства (рис. 7.3), по формуле

$$T_c = h_c / \operatorname{tg} \lambda = h_c m, \quad (7.9)$$

где λ – угол наклона откоса канала к горизонту;

m – коэффициент заложения откоса.

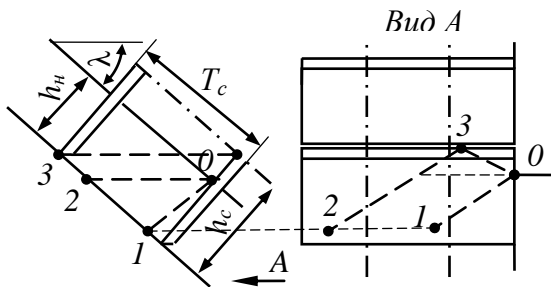


Рис. 7.3. Схема к определению шага скребков.

Ширина скребка b_c может быть определена из условия транспортирования грунта без его просыпания. Схема к расчету b_c приведена на рис. 7.4, на котором изображен вид сзади по горизонтали на скребок, а штриховой прямой – предельное положение грунта перед скребком при максимально заполненном межскребковом пространстве.

Из схемы следует, что для грунта с углом откоса φ_r при принятых h_n и h_c уменьшение b_c приведет к просыпанию грунта слева от скребка.

Тогда согласно принятой схеме условием непросыпания грунта будет следующее:

$$b_c \geq 2h_c \cos \lambda / \operatorname{tg} \varphi_r - h_n \cos \lambda / \operatorname{tg} \varphi_r = (2h_c - h_n) \cos \lambda / \operatorname{tg} \varphi_r. \quad (7.10)$$

Угол естественного откоса грунта в движении зависит от вида, влажности и состояния грунта. Для торфяных и минеральных грунтов средней влажности можно принимать $\varphi_r = 25 \dots 35^\circ$, для остальных – по табл. 7.1.

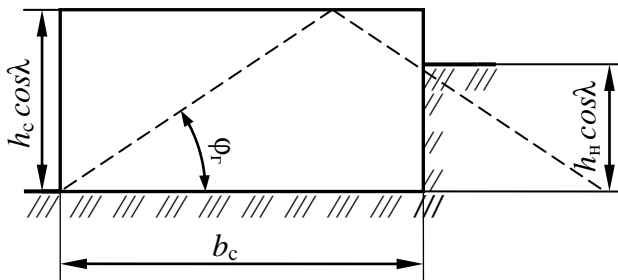


Рис. 7.4. Схема к определению ширины скребка.

Т а б л и ц а 7.1. Угол естественного откоса для различных грунтов

Вид грунта	Состояние грунта		
	сухой	влажный	мокрый
Песок:			
мелкий	25	30	20
средний	28	35	25
крупный	30	32	27
Гравий	40	40	35
Суглинок	50	40	30
Глина	45	25	15
Растительный грунт	40	35	15
Торф	40	25	14

Обычно $b_c = (1,1 \dots 2,5) h_c$ [8].

Техническая производительность Π_T по выносной способности определяется по формуле

$$\Pi_T = V_c z_c k_n / k_p, \quad (7.11)$$

где V_c – теоретический объем межскребкового пространства, определяемый как произведение величин h_c , b_c и T_c ;

k_n – коэффициент наполнения межскребкового пространства, равный $0,2 \dots 0,6$ (большие значения k_n соответствуют большим значениям m , превышающим $1,5$);

k_p – коэффициент разрыхления грунта (наносов), значение которого можно принять по табл. 7.2.

Т а б л и ц а 7.2. Основные характеристики грунтов

Показатели	Грунт				
	Болотно-торфяный	Супесь	Суглинок	Глина	Тяжелая глина
Коэффициент разрыхления	1,2...1,3	1,1...1,2	1,14...1,28	1,24...1,30	1,26...1,32
Показатель плотности ДОРНИИ	1...5	3...12	5...10	14...19	13...24
Плотность, кг/м ³	600...1200	1500...1900	1600...1750	1800...1900	1900...2000
Коэффициент трения грунта о грунт	0,9...1,0	0,4...0,7	0,7...0,8	0,8...1,0	0,8...1,0
Коэффициент трения грунта о сталь	0,1...0,5	0,4...0,5	0,5...0,6	0,6...0,7	0,6...0,7

Если по условиям проектирования Π_T является заданной величиной, то из формулы (7.11) выражается и рассчитывается z_c , а затем по формуле (7.3) определяется $v_{ц}$. Значение $v_{ц}$ должно находиться в пределах 2,4...5,0 м/с [8]. Меньшие значения соответствуют тяжелым грунтам и деформированным откосам. При отсутствии данных по производительности она рассчитывается исходя из мощности, реализуемой на приводе рабочего органа.

Расчет Π_T желательно вести для легких условий работы, определяя максимальное значение Π_T^{\max} , для тяжелых условий работы, определяя минимальное значение Π_T^{\min} , и расчетных осреднённых (номинальных) условий работы $\Pi_T^{\text{ном}}$. Соответствующие значения получают подстановкой величин k_n и k_p для принятых расчётных условий работы и значений $v_{ц}$. Для тяжёлых условий работы обычно назначают не менее одной пониженной скорости цепи, значение которой получают умножением $v_{ц}$ на 0,6...0,7.

После расчета производительностей определяется диапазон скоростей рабочего передвижения ($v_{п}^{\max} \dots v_{п}^{\min}$) и номинальная скорость $v_{п}^{\text{ном}}$ по следующим формулам:

$$v_{п}^{\min} = \Pi_T^{\min} / A_n^{\max}, \quad (7.12)$$

$$v_{п}^{\text{ном}} = \Pi_T^{\text{ном}} / A_n^{\text{ном}}, \quad (7.13)$$

$$v_{п}^{\max} = \Pi_T^{\max} / A_n^{\min}. \quad (7.14)$$

Значение A_n^{\max} рассчитывается для наибольших задаваемых величин L_c и h_n . Номинальное значение площади снимаемых наносов обычно соответствует величинам L_c и h_n , указываемым в задании на проектирование, а минимальное значение A_n^{\min} рассчитывается, исходя из ожидаемых при выполнении работы наименьших значений L_c и h_n .

Углы заострения рабочих кромок назначаются с целью минимизации трения торцовых поверхностей о грунт. Для этого задний угол

нижней, не являющейся режущей, кромки принимается не менее $7...8^\circ$, задний угол γ_3 режущих боковых кромок рассчитывается по формуле

$$\gamma_3 = \gamma + (7...8^\circ). \quad (7.15)$$

Значение γ рассчитывается по формуле (7.1) для условий, дающих наибольшую его величину.

7.3. Расчет параметров многоковшового цепного рабочего органа

Исходными данными при проектировании рабочего органа являются размеры канала, толщина наносов, их характеристика и техническая производительность машины. *Техническая производительность* Π_T по выносной способности определяется по формуле

$$\Pi_T = V_K z_p k_n / k_p, \quad (7.16)$$

где V_K – геометрическая вместимость ковша;

z_p – частота разгрузок.

При жестко направляемой цепи, угле наклона рабочего участка цепи к горизонту (угле наклона рабочего органа) больше 40° и при отсутствии налипания значение k_n можно определить по табл. 7.3.

Для налипающих грунтов k_n уменьшается на $10...25\%$, для свободной провисающей цепи – на $5...15\%$. При λ меньше 40° k_n увеличивается в $1,5...2$ раза.

Для каналоочистителя типа МР-15 $k_n \approx 0,85$ [12].

Т а б л и ц а 7.3. Значения коэффициентов наполнения для многоковшового цепного рабочего органа поперечного копания

Категория грунта	1	2	3	4
Коэффициент наполнения	1,25	1,15	1,05	0,9

Расчет параметров обычно начинают с определения необходимой *вместимости ковша*

$$V_K = \Pi_T k_p / k_n z_p. \quad (7.17)$$

Значение k_p принимается по табл. 7.1, z_p предварительно назначается в пределах $0,5...1,5 \text{ с}^{-1}$. Меньшие значения принимаются для профилировщиков каналов, большие – для каналоочистителей. Далее определяется в миллиметрах *шаг цепи* $t_{ц}$ (рис. 7.5) рабочего органа каналоочистителя

$$t_{ц} = (20...25) \sqrt[3]{V_K}, \quad (7.18)$$

или профилировщика

$$t_{ц} = (56...74) \sqrt[3]{V_K}. \quad (7.19)$$

Здесь значения V_K подставляются в литрах. Полученное значение $t_{ц}$ желательно согласовать со стандартными для цепей.

Конструктивные размеры ковша каналоочистителя типа МР-15 показаны на рис. 7.5.

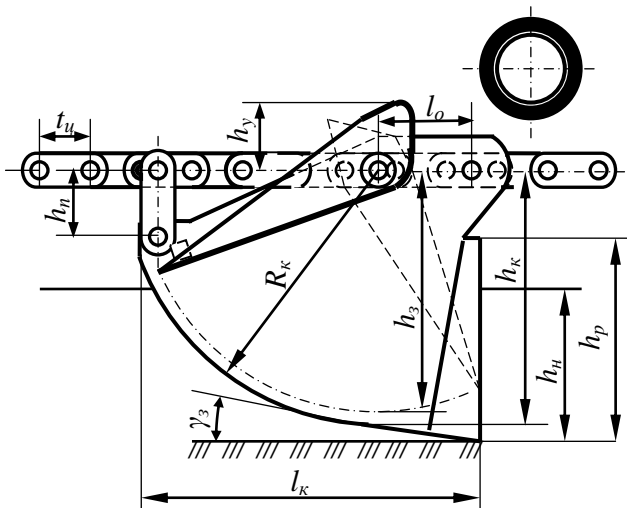


Рис. 7.5. Обозначения параметров многоковшового цепного рабочего органа поперечного копания.

Далее определяется шаг ковшей T_k , для чего предварительно назначается скорость цепи в пределах $0,5 \dots 1,4$ м/с. Большие значения принимаются для каналоочистителей. Тогда

$$T_k = v_{ц} / z_p. \quad (7.20)$$

Вместе с тем

$$T_k = (300 \dots 400) \sqrt[3]{V_k}. \quad (7.21)$$

Расчитанное значение T_k должно быть кратным шагу цепи и подчиняться рекомендации

$$T_k = (20 \dots 25) t_{ц}. \quad (7.22)$$

Расчетная высота ковша h_k для каналоочистителя определяется по соотношению

$$h_k = (3,5 \dots 4,5) t_{ц}, \quad (7.23)$$

для профилировщика

$$h_k = (1,4 \dots 1,5) t_{ц}. \quad (7.24)$$

Радиус днища ковша R_k у профилировщиков определяется по зависимости

$$R_k = (1,5 \dots 1,8) h_k. \quad (7.25)$$

У каналоочистителей, работающих, как правило, во влажных налипающих грунтах, обеспечивается принудительная выгрузка грунта подвижной заслонкой. В связи с этим радиус днища ковша определяется конструктивно или принимается примерно равным h_k , а высота заслонки h_3 в миллиметрах задается с учетом обеспечения необходимого зазора между корпусом ковша и заслонкой.

$$h_3 = h_k - (12 \dots 18). \quad (7.26)$$

Длина ковша l_k у профилировщика

$$l_k = (2,5 \dots 2,6) t_{ц}, \quad (7.27)$$

у каналоочистителя

$$l_k \approx h_k + 0,5 t_{ц}. \quad (7.28)$$

Расчетная ширина ковша b_k принимается соответственно

$$b_k = (2,0 \dots 2,2) t_{ц}, \quad (7.29)$$

$$b_k = (6,0 \dots 6,5) t_{ц}. \quad (7.30)$$

Боковые стенки во избежание их трения о грунт (рис. 7.6,а) отклоняются под углом γ , рассчитываемым по формуле (7.1). Ширину задней части ковша b_3 можно определить следующим образом:

$$b_3 = b_k - 2 l_k \operatorname{tg} \gamma. \quad (7.31)$$

Полученное значение b_k должно быть больше максимального значения подачи на ковш, рассчитываемой по формуле (7.4) при условии, что $v_{п} = v_{п}^{\max}$.

Высота режущей кромки h_p (см. рис. 7.5) должна быть больше или равна толщине наносов $h_{п}$.

Высоту упора заслонки h_y можно принять равной $(0,4 \dots 0,5) h_3$, длину присоединительных серег $h_{п}$ – $(1,5 \dots 1,6) t_{ц}$, координаты установки оси заслонки l_o – $(1,8 \dots 1,9) t_{ц}$.

При использовании ковша с параллельными стенками, показанного на рис. 7.6, б, рассчитывается ширина ковша по режущей кромке b_k по формуле (7.30) и ширина задней части ковша b_3 по формуле

$$b_3 \leq b_k - 2 l_1 \operatorname{tg} \gamma, \quad (7.32)$$

где l_1 – минимальное расстояние от режущей кромки до точки возможного соприкосновения стенки ковша с наносами.

Значение l_1 можно определить графически, вычертив контур ковша и отложив на стенке (рис. 7.6) толщину наносов.

Задний угол режущей кромки ковша γ_k следует принимать на $7 \dots 8^\circ$ больше γ .

После расчета размеров ковша можно определить его вместимость

$$V_k = K_{ф} l_k b_k h_k, \quad (7.33)$$

где K_{ϕ} – коэффициент формы, учитывающий отклонение действительной формы ковша от формы параллелепипеда, равный 0,8...0,9.

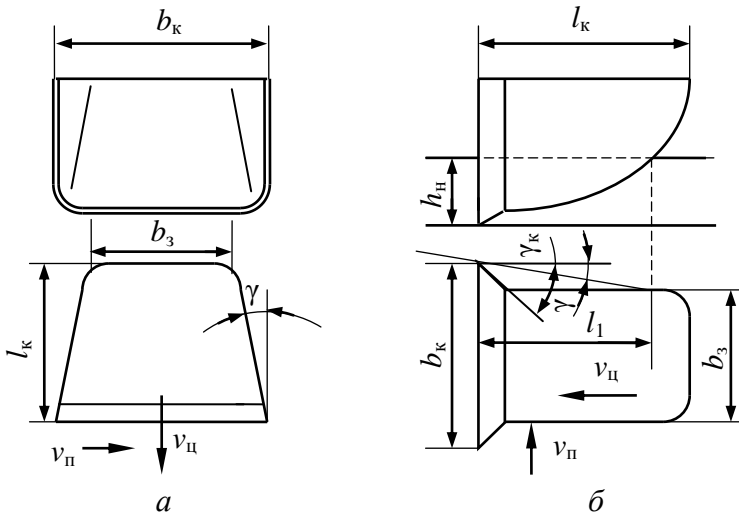


Рис.7.6. Схема к расчету параметров ковша: а – со сходящимися стенками; б – с параллельными.

Вместимость ковша с подвижным дном, с учетом того, что при выгрузке оно поворачивается примерно на 90° , а также, что форму ковша можно представить как четверть цилиндра, можно рассчитать по формуле

$$V_k = \pi R_k^2 (b_k + b_3) / 8. \quad (7.34)$$

После расчета V_k следует, используя формулу (7.17), уточнить z_p , а по формуле (7.3) рассчитать соответствующее уточненному значению z_p значение скорости цепи. Оно должно находиться в указанных выше пределах.

7.4. Расчет мощности на привод каналоочистителей с цепным рабочим органом поперечного копания

Уравнение баланса мощности для каналоочистителей с активным рабочим органом записывается в следующем виде:

$$P = P_{p.o}^{дв} + P_{пер}^{дв} + P_{всп}^{дв}, \quad (7.35)$$

где P – необходимая мощность двигателя;

$P_{p.o}^{дв}$, $P_{пер}^{дв}$, $P_{всп}^{дв}$ – мощности на привод рабочего органа, на передвижение, на привод вспомогательных механизмов и систем, приведенные к валу двигателя.

Расчет $P_{p.o}^{дв}$ выполняется по уравнению

$$P_{p.o}^{дв} = (P_k + P_{п} + P_{оч} + P_{тр}) / \eta_{p.o} \eta_{тр.p} + P_{от} / \eta_{от} \eta_{тр}, \quad (7.36)$$

где P_k , $P_{п}$, $P_{оч}$, $P_{тр}$, $P_{от}$ – мощности соответственно на копание грунта, на подъем грунта, на очистку ковшей, на трение грунта о грунт, на отбрасывающее грунт устройство;

$\eta_{p.o}$ – к.п.д. рабочего органа: для свободно провисающей цепи $\eta_{p.o} = 0,6 \dots 0,7$, для цепи, перемещающейся по направляющим, $\eta_{p.o} = 0,5 \dots 0,55$, для скребковой цепи $\eta_{p.o} = 0,4 \dots 0,5$;

$\eta_{тр.p}$ – к.п.д. трансмиссии привода рабочего органа;

$\eta_{от}$ – к.п.д. отбрасывающего устройства: для ленточного транспортера и лопастного метателя $\eta_{от} = 0,8 \dots 0,85$;

$\eta_{тр}$ – к.п.д. трансмиссии привода отбрасывающего устройства.

Принимается в зависимости от типа привода и схемы его трансмиссии.

Значение *мощности на копание грунта* P_k находится по формуле

$$P_k = k_1 \Pi_T, \quad (7.37)$$

где k_1 – удельное сопротивление копанию грунта, кПа;

Π_T – техническая производительность каналочистителя, м³/с.

Приближенное значение k_1 для наносов и грунтов при числе удара ДорНИИ $C_{уд}$, большем 1, но меньшем 16, можно найти по эмпирической зависимости

$$k_1 = 19 + 22,8 C_{уд} + 0,24 C_{уд}^2. \quad (7.38)$$

Зависимость (7.39) справедлива при $\delta_c \geq 2,5 \dots 3$ см, в противном случае k_1 определяется по формуле

$$k_1 = (110 \dots 120) C_{уд} / \delta_c^e, \quad (7.39)$$

где δ_c – толщина стружки, см;

e – показатель степени, принимающийся для минеральных грунтов 0,4, для болотно-торфяных – 0,33.

При необходимости δ_c можно найти по формуле (7.5).

Зависимости (7.38, 7.39) учитывают удельное сопротивление копанию грунтов крупноразмерными ковшами и его повышение из-за затрудненных условий копания и его частичной блокированности вследствие использования скребков и малых ковшей.

При срезании однородных грунтов толстой стружкой толщиной более 2,5...3 см

$$k_1 = 13,3 C_{уд}. \quad (7.40)$$

Для ориентировочных расчетов каналочистителей ВНИИЗемМаш рекомендуется принимать k_1 : для грунтов первой категории – 100, вто-

рой – 200, третьей – 300 кПа. Данную рекомендацию можно использовать и для учебных целей.

Мощность на подъем грунта рассчитывается по формуле

$$P_{\text{п}} = \Pi_{\text{т}} \rho g H_{\text{п}}, \quad (7.41)$$

где ρ – плотность грунта, т/м^3 : для грунтов первой категории можно принять $\rho = 1,5$, второй – $\rho = 1,7 \text{ т/м}^3$;

$H_{\text{п}}$ – расчетная высота подъема, которая обычно складывается из двух составляющих: высоты подъема грунта в канале до дневной поверхности $H_{\text{п.к}}$, т. е. до бровки канала, и высоты подъема над бровкой канала H_0 .

Для многоковшовых величиной H_0 является расстояние от уровня бровки канала до центра ковша, находящегося в положении, соответствующем началу выгрузки (рис. 7.7).

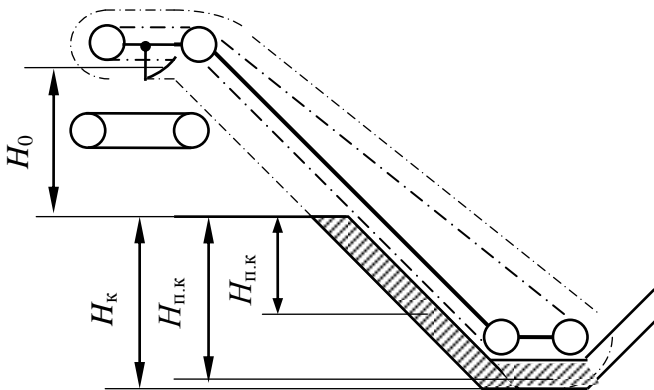


Рис. 7.7. Схема к определению высоты подъема грунта для многоковшовых рабочих органов.

Расчет $H_{\text{п.к}}$ зависит от варианта схемы очистки канала, так как каналоочиститель может перенастраиваться или проектироваться для очистки только дна, одного откоса, дна и откоса или для полнопрофильной очистки.

При очистке дна площадь сечения наносов $A_{\text{н}}$ определяется по формуле

$$A_{\text{н}} = h_{\text{н}} b_{\text{д}}, \quad (7.42)$$

при очистке одного откоса

$$A_{\text{н}} = h_{\text{н}} l_{\text{от}}, \quad (7.43)$$

при очистке откоса и дна

$$A_{\text{н}} = l_{\text{от}} h_{\text{н}} + h_{\text{н}} b_{\text{д}} = h_{\text{н}} (l_{\text{от}} + b_{\text{д}}), \quad (7.44)$$

при очистке обоих откосов и дна

$$A_n = 2 l_{от} h_n + b_d h_n = h_n (2 l_{от} + b_d). \quad (7.45)$$

Высотой подъема грунта до дневной поверхности является высота подъема центра тяжести площади соответствующего сечения, причём при полнопрофильной очистке необходимо учесть то, что грунт, снимаемый с дальнего откоса, сначала опускается на дно и только затем поднимается к бровке. Поэтому для первого варианта

$$P_{п} = \Pi_T \rho g (H_k + H_0); \quad (7.46)$$

для второго варианта

$$P_{п} = \Pi_T \rho g (H_k/2 + H_0); \quad (7.47)$$

для третьего варианта

$$\begin{aligned} P_{п} &= \Pi_T \rho g (H_k/2 + H_0) l_{от} h_n / A_n + \Pi_T \rho g (H_k + H_0) b_d h_n / A_n = \\ &= \Pi_T \rho g H_k h_n [(H_0 + H_k/2) l_{от} + (H_0 + H_k) b_d] / A_n; \end{aligned} \quad (7.48)$$

для четвертого варианта

$$\begin{aligned} P_{п} &= \Pi_T \rho g (H_k/2) l_{от} h_n / A_n + \Pi_T \rho g H_k (b_d + l_{от}) h_n / A_n + \Pi_T \rho g H_0 = \\ &= \Pi_T \rho g [(H_k/2) l_{от} h_n + H_k (b_d + l_{от}) h_n + H_0]. \end{aligned} \quad (7.49)$$

Для скребковых рабочих органов за высоту H_0 (рис. 7.8) принимают половину высоты кавальера $H_{кав}$, которую можно определить по формуле

$$H_{кав} = \sqrt{A_n k_p \operatorname{tg} \varphi_T}, \quad (7.50)$$

где φ_T – угол естественного откоса грунта. При $\varphi_T > \lambda$ в формулу (7.50) вместо φ_T подставляется λ .

Компонента $P_{оч}$ рассчитывается, если предусмотрена принудительная выгрузка грунта из ковшей. Расчет выполняется по формуле

$$P_{оч} = (b_k + 2 h_k) f_{оч} v_c / \eta_{оч}, \quad (7.51)$$

где $f_{оч}$ – удельное усилие сдвиганию грунта, $f_{оч} = 4 \dots 6$ – для липких и влажных грунтов и $f_{оч} = 2 \dots 4$ кН/м – для грунтов средней липкости;

$\eta_{оч}$ – к.п.д. очистителя, равный $0,6 \dots 0,7$.

Потери *мощности на трение грунта по откосу* $P_{тр}$ рассчитываются только для скребковых рабочих органов.

При очистке одного откоса

$$P_{тр} = \Pi_T \rho g f_2 H_k (\operatorname{ctg} \lambda) / 2, \quad (7.52)$$

где f_2 – коэффициент трения грунта о грунт.

При очистке откоса и дна канала

$$\begin{aligned} P_{тр} &= \Pi_T \rho g f_2 b_d b_d h_n / 2 A_n + \Pi_T \rho g f_2 H_k (\operatorname{ctg} \lambda) h_n (l_{от} + b_d) / 2 A_n = \\ &= \Pi_T \rho g f_2 h_n [b_d^2 + H_k (\operatorname{ctg} \lambda) (l_{от} + b_d)] / (2 A_n). \end{aligned} \quad (7.53)$$

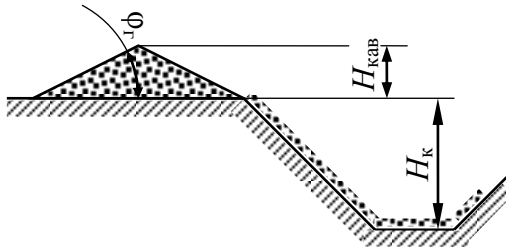


Рис. 7.8. Схема к расчету высоты подъема грунта для скребкового цепного рабочего органа.

При очистке двух откосов и дна с учётом того, что угол наклона откоса к горизонту обычно близок к 45° и в этом случае сила трения грунта о дальний откос уравнивается скатывающей силой, мощность на перемещение грунта вниз по откосу можно принимать равной нулю. Тогда уравнение расчета мощности на трение грунта о грунт будет иметь следующий вид:

$$P_{\text{тр}} = \Pi_{\text{т}} \rho g f_2 (b_{\text{д}} + l_{\text{от}}) b_{\text{д}} h_{\text{н}} / 2 A_{\text{н}} + \Pi_{\text{т}} \rho g f_2 H_{\text{к}} (\text{ctg } \lambda) h_{\text{н}} l_{\text{от}} / 2 A_{\text{н}} = \Pi_{\text{т}} \rho g f_2 h_{\text{н}} [(b_{\text{д}} + l_{\text{от}}) b_{\text{д}} + H_{\text{к}} (\text{ctg } \lambda) l_{\text{от}}] / 2 A_{\text{н}}. \quad (7.54)$$

По мощности $P_{\text{р.о}}^{\text{дб}}$ предварительно определяется мощность $P_{\text{б}}$ базовой машины и подбирается сама базовая машина

$$P_{\text{б}} = (1,3 \dots 1,5) P_{\text{р.о}}^{\text{дб}}. \quad (7.55)$$

В формуле (7.35) значение $P_{\text{всп}}^{\text{дб}}$ рассчитывается по зависимости

$$P_{\text{всп}}^{\text{дб}} = (0,05 \dots 0,07) (P_{\text{р.о}}^{\text{дб}} + P_{\text{пер}}^{\text{дб}}). \quad (7.56)$$

Для расчета $P_{\text{пер}}^{\text{дб}}$ необходимо иметь значения сил, действующих на рабочее оборудование и машину в целом.

7.5. Расчет сил, действующих на рабочее оборудование

Усилие в ковшовой или скребковой цепи $F_{\text{ц}}$ определяется по уравнению

$$F_{\text{ц}} = (P_{\text{к}} + P_{\text{п}} + P_{\text{оч}} + P_{\text{тр}}) / v_{\text{ц}} \eta_{\text{р.о}}. \quad (7.57)$$

При прочностных расчетах это значение умножается на коэффициент динамичности $K_{\text{д}} = 1,1$. В случае отсутствия предохранительных устройств в трансмиссии привода рабочего органа расчет цепи и элементов трансмиссии ведется из предположения о том, что при перегрузке рабочего органа вся мощность двигателя, кроме мощности на привод отваливающих и дополнительных устройств, реализуется на цепи.

Усилие взаимодействия рабочей ветви цепи с грунтом $F_{ц,р}$ можно определить по формуле

$$F_{ц,р} = (P_k + P_{тр} + P_n) / v_{ц} \quad (7.58)$$

Разделив $F_{ц,р}$ на количество копающих элементов, одновременно находящихся в контакте с откосом, получим *усилие, действующее на каждый скребок или ковш*.

Для выполнения тяговых или статических расчетов необходимо определить составляющие $F_{ц,р}$ – горизонтальную $F_{ц,г}$, направленную против хода каналаочистителя, горизонтальную $F_{г}$, направленную поперек хода, и вертикальную $F_{в}$ (рис. 7.9).

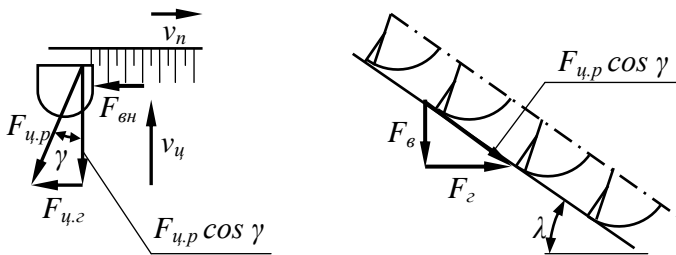


Рис.7.9. Схема сил, действующих на цепной рабочий орган.

Они рассчитываются следующим образом:

$$F_{г} = F_{ц,р} \sin \gamma, \quad (7.59)$$

$$F_{г} = F_{ц,р} \cos \lambda \cos \gamma, \quad (7.60)$$

$$F_{в} = F_{ц,р} \sin \lambda \cos \gamma. \quad (7.61)$$

При полнопрофильной очистке значения $F_{г}$ и $F_{в} \approx 0$.

Против хода каналаочистителя, кроме того, направлена сила $F_{вн}$, препятствующая внедрению ковшей или скребок в грунт. Она определяется по формуле

$$F_{вн} = \varepsilon P_k / v_{ц}, \quad (7.62)$$

где ε – коэффициент соотношения между касательной и нормальной составляющими силы на копание грунта: для скребок, принимаемый 0,6...0,9, для ковшей – 0,15...0,45.

Скребок каналочистители могут иметь бермоочистители, предназначенные для отодвигания вынутаго из канала грунта от бровки канала. Отвал бермоочистителя устанавливается под углом α_0 к направлению движения каналочистителя ($\alpha_0 = 45 \dots 50^\circ$). *Сопротивление перемещению бермоочистителя* F_6 по аналогии с подобного рода рабочими элементами можно определить по выражению

$$F_6 = V_{пр} \rho g (f_2 \sin (\alpha_0 + \varphi_c) + f_1 \cos \alpha_0 - \cos \varphi_c), \text{ кН}, \quad (7.63)$$

где $V_{пр}$ – объем призмы волочения, м^3 ;

φ_c – угол трения грунта о сталь;

f_1 – коэффициент трения грунта о сталь.

Расчет $V_{пр}$ можно выполнить по формуле

$$V_{пр} = \Pi_T L_{отв} / v_{п}, \quad (7.64)$$

где $L_{отв}$ – длина отвала, принимаемая в пределах 1,0...1,5 м.

Вертикальной и боковой составляющими, действующими на отвал, пренебрегают ввиду их малости по отношению к F_6 .

После расчета сил, действующих на рабочее оборудование, может выполняться *тяговый расчет*.

Общая методика выполнения тяговых расчетов изложена в литературе [8, 10]. Основной особенностью тяговых расчетов для рабочего передвижения различных мелиоративных и эксплуатационно-ремонтных машин является различие в определении тягового суммарного сопротивления или противоположно направленной ему необходимой силы тяги F_T . Примерная расчетная схема к определению тягового суммарного сопротивления для скребкового каналочистителя представлена на рис. 7.10.

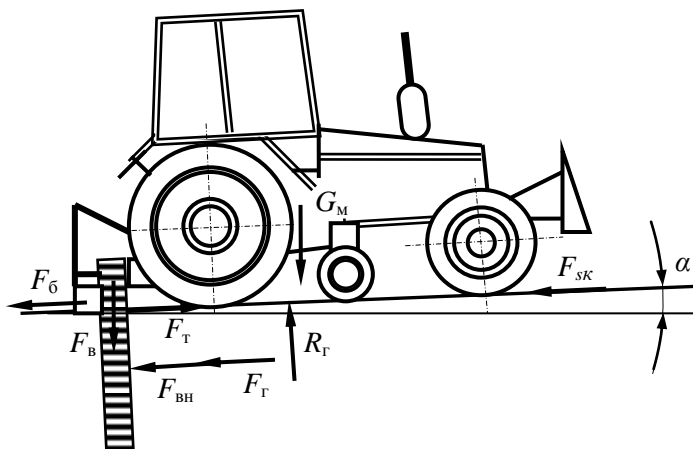


Рис. 7.9. Схема к тяговому расчету для рабочего передвижения при навесной схеме агрегатирования.

Тяговое суммарное сопротивление F_c каналочистителя с навесным рабочим оборудованием, совершающего очистку канала, рассчитывается по формуле

$$F_c = F_s + G_M \sin \alpha + F_{п} + F_Г + F_6 + F_{ВН}, \quad (7.65)$$

где F_s – сила сопротивления передвижению ходового устройства базовой машины;

G_M – сила тяжести машины в целом;

α – расчетный продольный уклон местности. Для машин, обслуживающих мелиоративные системы, принимается 5° .

При схемах агрегатирования, отличных от навесной, это отражается в методике расчета.

Расчет F_s выполняется по формуле

$$F_s = f_o R_r, \quad (7.66)$$

где f_o – коэффициент сопротивления передвижению ходового устройства базовой машины;

R_r – нормальная реакция со стороны грунта на движитель.

Значения $\varphi_{сц}$ и f_o приведены в табл. 7.4.

Таблица 7.4. Значения коэффициентов сопротивления передвижению ходового устройства и сцепления ходового устройства с грунтом

Условия передвижения	Коэффициент сопротивления передвижению f_o			Коэффициент сцепления $\varphi_{сц}$	
	Гусеничный ход	Колесный ход	Льжи	Гусеничный ход	Колесный ход
Торфяное болото	0,1...0,3	0,2...0,3	0,7...0,9	0,15...0,9	0,1...0,6
Свежая пашня	0,1...0,12	0,17...0,18	–	0,6...0,8	0,4...0,5
Луг скошенный влажный, залежь	0,07...0,08	0,09...0,1	–	0,8...0,9	0,6...0,7
Стерня	0,08...0,09	0,07...0,1	–	0,7...0,9	0,6...0,7
Песок	0,1...0,15	0,16...0,2	0,4...0,6	0,4...0,5	0,3...0,4
Супесь	0,07...0,12	0,14...0,018	0,4...0,6	0,6...1,0	0,4...0,7
Суглинок	0,08...0,15	0,12...0,2	0,4...0,7	0,7...0,8	0,5...0,7
Суглинок тяжелый и глины	0,07...0,15	0,03...0,2	0,4...0,6	0,9...1,0	0,7...0,8

Для рассматриваемых машин

$$R_r = G_m \cos \alpha + F_b. \quad (7.67)$$

Мощность на передвижение P_n рассчитывается по формуле

$$P_n = F_c v_n, \quad (7.68)$$

которая при необходимости приводится к двигателю путем деления на к.п.д. буксования, движителя и трансмиссии.

После расчета F_c выполняется проверка возможности передвижения по сцеплению. Для этого проверяется условие удовлетворения неравенства

$$F_{сц} \geq F_c, \quad (7.69)$$

где $F_{сц}$ – возможная сила тяги по сцеплению.

Расчет $F_{сц}$ ведется по формуле

$$F_{сц} = \varphi_{сц} R_r, \quad (7.70)$$

где $\varphi_{сц}$ – коэффициент сцепления движителя с грунтом.

Тяговый расчет для прицепной, полуприцепной или полунавесной схем агрегатирования, а также для транспортного передвижения может быть выполнен по существующей методике [8,10].

8. ОСНОВЫ ТЕОРИИ И РАСЧЕТА КАНАЛООЧИСТИТЕЛЕЙ С РОТАЦИОННЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

8.1. Основы теории и расчета фрезерного рабочего органа с осью вращения, параллельной оси канала

8.1.1. Кинематические соотношения и размеры стружки для фрезерных каналоочистителей

Одним из широко применяющихся рабочих органов каналоочистителей является фрезерный рабочий орган с осью вращения фрезы, параллельной оси канала. Иногда такой рабочий орган не совсем точно называют ротором или ротором-метателем. В данном издании он назван фрезерным.

Точки фрезы, участвуя во вращательном и поступательном движении, перемещаются по спиральной траектории. На рис. 8.1 изображена траектория крайней точки ножа-лопатки фрезы. Шаг спирали T (подача на оборот) при рабочей скорости передвижения v_n каналоочистителя вдоль канала и при времени оборота $t_{об}$ фрезы определяется по формуле

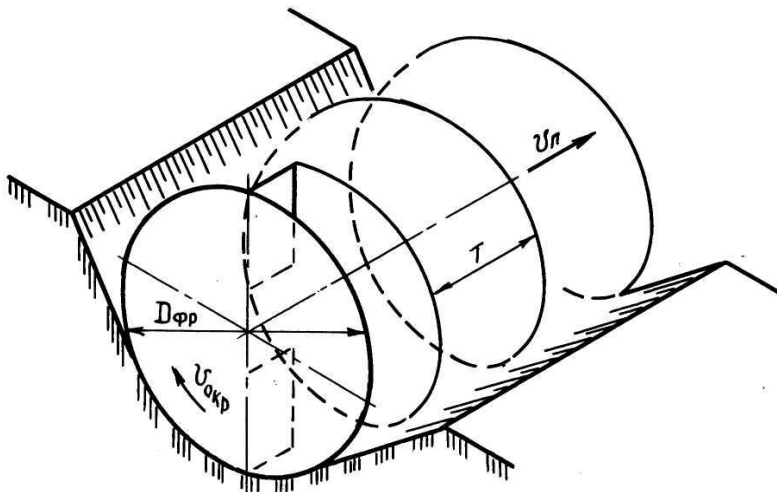


Рис. 8.1. Траектория крайней точки ножа-лопатки фрезы.

$$T = v_{\pi} t_{об}. \quad (8.1)$$

Время оборота через угловую скорость ω определяется как

$$t_{об} = 2\pi / \omega, \quad (8.2)$$

через окружную скорость $v_{окр}$

$$t_{об} = \pi D_{\phi} / v_{окр}, \quad (8.3)$$

где D_{ϕ} – диаметр фрезы по концам ножей-лопаток.

Учитывая, что частота вращения n есть величина обратная $t_{об}$, формулу (8.1) можно записать следующим образом:

$$T = v_{\pi} / n = 2\pi v_{\pi} / \omega = \pi D_{\phi} v_{\pi} / v_{окр}. \quad (8.4)$$

Подачей на нож C является путь, который проходит каналочиститель, а значит, и рабочий орган за время поворота фрезы на угол между двумя ножами-лопатками.

С учетом того, что подача на нож меньше подачи на оборот в число раз, равное числу ножей-лопаток $z_{н}$ на фрезе, на основании уравнения (8.4) производится запись:

$$C = v_{\pi} / n z_{н} = 2\pi v_{\pi} / z_{н} \omega = \pi D_{\phi} v_{\pi} / z_{н} v_{окр}. \quad (8.5)$$

Введя понятие частоты выгрузок $z_{в}$, из уравнения (8.5) можно получить

$$C = v_{\pi} / z_{в}. \quad (8.6)$$

Значение $z_{в}$ определяется по формуле

$$z_{в} = z_{н} n = z_{н} \omega / 2\pi = z_{н} v_{окр} / \pi D_{\phi}. \quad (8.7)$$

Форма срезаемой стружки упрощённо показана на рис. 8.2.

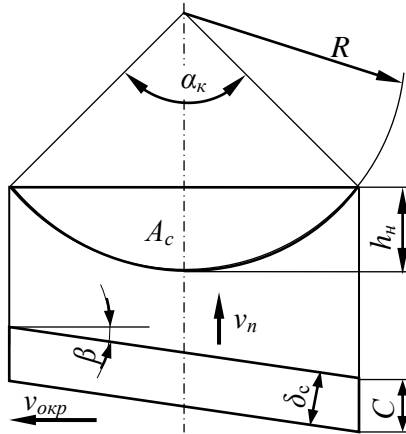


Рис. 8.2. Форма и размеры стружки, срезаемой фрезерным рабочим органом с осью вращения фрезы, параллельной оси канала.

Здесь C – подача на нож-лопатку, $h_{н}$ – толщина срезаемых за один проход наносов, δ_c – толщина стружки, α_k – угол контакта или иначе

угол захвата, R – радиус фрезы по концам ножей-лопаток, β – угол подъема винтовой линии траектории ножей-лопаток.

Согласно рис. 8.2.

$$\delta_c = C \cos \beta, \quad (8.8)$$

$$\beta = \arctg (v_{\text{п}} / v_{\text{окр}}), \quad (8.9)$$

$$\alpha_k = 2 \arccos [(R - h_{\text{п}}) / R]. \quad (8.10)$$

Обычно угол β имеет небольшую величину, поэтому в часто принимают $\delta_c \approx C$. Площадь срезаемых наносов рассчитывают как площадь сегмента A_c

$$A_c = \alpha_k R^2 / 2 - R(R - h_{\text{п}}) \sin(\alpha_k / 2), \quad (8.11)$$

где α_k – угол контакта, рад.

8.1.2. Расчет основных параметров фрезерного рабочего органа

Расчет основных параметров целесообразно начинать с назначения (если не дается в задании на проектирование) *необходимой дальности отбрасывания* $l_{\text{отб}}$ пульпы (рис. 8.3). Обычно она принимается из пределов от 6 до 15 м. После этого рассчитывают *окружную скорость* по зависимости

$$v_{\text{окр}} = (1,5 \dots 2,5) l_{\text{отб}}. \quad (8.12)$$

Полученное значение скорости должно находиться в диапазоне 10...25 м/с.

Затем следует определить *диаметр D кожуха фрезы из условия подрезания дна и откосов* трапецеидального канала. Графически это означает, что при минимальной ширине канала по дну $b_{\text{д}}$ и заданном максимальном угле наклона откосов λ проектные линии дна и откоса облицованного канала должны являться касательными к окружности диаметром D (рис. 8.4). Тогда, согласно рис. 8.4,а, угол AOB и угол наклона откоса равны как углы со взаимно перпендикулярными сторонами. Треугольники OBC и OAC равны по общей стороне и противоположному углу, следовательно, OC – биссектриса для угла AOB . Таким образом, с учетом того, что $OB = D/2$, можно, рассмотрев треугольник OBC , записать:

$$D = b_{\text{д}} / \operatorname{tg}(\lambda / 2). \quad (8.13)$$

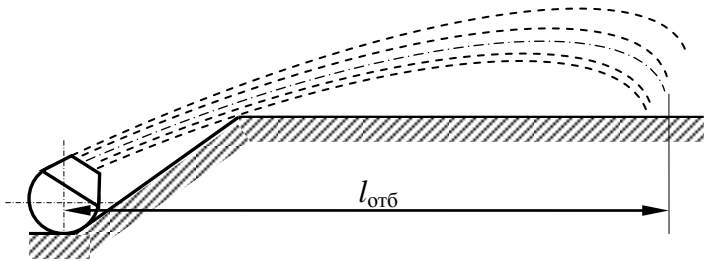


Рис. 8.3. Схема выброса пыли.

Очистку необлицованных каналов целесообразно выполнять с некоторым их переуглублением по сравнению с исходной проектной глубиной. Для этого случая расчетная схема показана на рис. 8.4.б. Тогда расчет D следует выполнять по формуле

$$D = b_d / \sin \lambda. \quad (8.14)$$

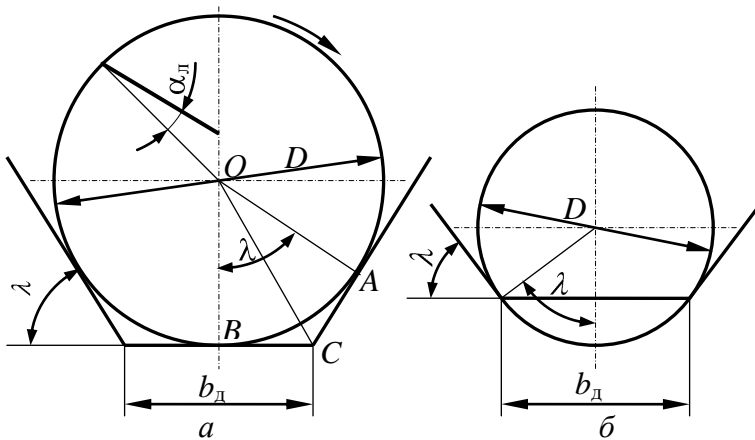


Рис. 8.4. Схема к определению диаметра кожуха фрезы из условия неподрезания откосов канала: а – облицованного; б – необлицованного.

Диаметр фрезы по концам ножей-лопаток D_ϕ можно рассчитать конструктивно:

$$D_\phi = D - 2(C_1 + C_2), \quad (8.15)$$

где C_1 – толщина стенки кожуха фрезы. Ориентировочно её можно принять 4...6 мм или близкой к $0,007D$;

C_2 – зазор между внешними концами ножей-лопаток и внутренней поверхностью кожуха. Обычно $C_2 = 8...12$ мм.

Для навесного рабочего органа, не охватываемого кожухом снизу и не опирающегося им о дно, D_{ϕ} принимается равным D , рассчитанным по формуле (8.13) или (8.14).

Определение *номинальной (расчетной) скорости рабочего передвижения* выполняется по формуле

$$v_{\pi} = \Pi_{\Gamma} / A_c. \quad (8.16)$$

При отсутствии на рабочем органе уширителей, лемехов, открылков или отвалов расчет A_c выполняется по формуле (8.11), в иных случаях необходимо рассчитать A_c в соответствии со схемой рабочего органа.

Число ножей-лопаток рассчитывается из условия обеспечения необходимой подачи по формуле

$$z_{\pi} = \pi D_{\phi} v_{\pi} / C v_{\text{окр}}. \quad (8.17)$$

Для расчёта z_{π} значение C принимается при удалении торфяных наносов 7...15, минеральных – 5...7 мм.

При этом для снижения динамичности нагрузок желательнее выполнение условия: $z_{\pi} \geq 2\pi/\alpha_{\kappa}$. Значение z_{π} принимается 3...5. После принятия числа z_{π} уточняется C .

Для уменьшения рассеивания струи и снижения энергоёмкости процесса нож-лопатка отклоняется от радиального направления под углом $\alpha_{\text{л}}$. Увеличение значения $\alpha_{\text{л}}$ может привести к явлению защемления грунта между кожухом и лопаткой. Произойдет это, если составляющая силы трения грунта о кожух F_1 превысит значение противоположно направленной ей силы трения грунта о лопатку F_2 (рис. 8.5). При равенстве коэффициентов трения f_1 грунта о кожух и грунта о лопатку и, учитывая то, что в данном случае $F_2 = f_1 F_1$, а $F_{\text{н}}$ обусловлена силой F_1 ($F_{\text{н}} = F_1 \cos \alpha_{\text{л}}$), можно записать *условие незащемления*:

$$F_2 \geq F_1 \sin \alpha_{\text{л}} \quad (8.18)$$

или

$$f_1 F_1 \cos \alpha_{\text{л}} \geq F_1 \sin \alpha_{\text{л}}. \quad (8.19)$$

Отсюда

$$\alpha_{\text{л}} \leq \text{arc tg } f_1. \quad (8.20)$$

Рекомендуется [8, 16] принимать $\alpha_{\text{л}} = 5...10^\circ$.

Длина режущей части ножа-лопатки $l_{\text{л}}$ (рис. 8.6) должна быть такой, чтобы верхняя кромка (обозначена точкой A) не опускалась ниже расчетного уровня наносов при наибольшем её погружении в грунт, т.е. должно выполняться условие $l_{\text{л}} \geq AC$.

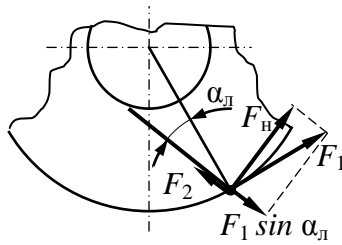


Рис. 8.5. Схема сил, действующих на частицу.

Текущее значение AC можно представить как функцию угла поворота φ ножа-лопатки. Тогда в $\triangle ABC$ $AC = l_{л}$; $BC = R_{\phi} - (R_{\phi} - h_{н}) / \cos \varphi$; $\angle ACB = \alpha_{л}$; $\angle BAC = 90 - (\varphi + \alpha_{л})$.

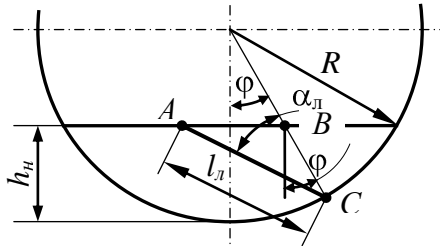


Рис. 8.6. Схема к расчету длины ножа-лопатки.

На основании теоремы синусов

$$AC = (BC \sin \angle ABC) / \sin \angle BAC \quad (8.21)$$

или с учетом принятых обозначений

$$l_{л} = [R_{\phi} - (R_{\phi} - h_{н}) / \cos \varphi] [\sin(90 + \varphi)] / \sin[90 - (\varphi + \alpha_{л})]. \quad (8.22)$$

Выполнив некоторые простые преобразования уравнения (8.22), получим

$$l_{л} \geq (R_{\phi} \cos \varphi - R_{\phi} + h_{н}) / \cos(\varphi + \alpha_{л}). \quad (8.23)$$

Для определения положения фрезы, соответствующее максимальному заглублению лопатки в грунт, продифференцируем данное уравнение (8.23) по φ и приравняем производную нулю:

$$[-R_{\phi} \sin \varphi \cos(\alpha_{л} + \varphi) + (R_{\phi} \cos \varphi - R_{\phi} + h_{н}) \sin(\alpha_{л} + \varphi)] / \cos^2(\alpha_{л} + \varphi) = 0. \quad (8.24)$$

Очевидно, что знаменатель уравнения (8.24) не равен бесконечности, следовательно, к нулю можно приравнять числитель. Тогда уравнение (8.24) приведем к следующему виду:

$$(h_{н} - R_{\phi}) \cos \alpha_{л} \sin \varphi + (h_{н} - R_{\phi}) \sin \alpha_{л} \cos \varphi + R_{\phi} \sin \alpha_{л} = 0. \quad (8.25)$$

Если $90 > \alpha_{л} > 0$, уравнение (8.25) допустимо разделить на $\sin \alpha_{л}$, после деления получим

$$(h_n - R_\phi) \sin \varphi / \operatorname{tg} \alpha_n + (h_n - R_\phi) \cos \varphi + R_\phi = 0. \quad (8.26)$$

Подставив в уравнение (8.26) значения h_n , R_ϕ и α_n и решив его относительно φ , можно определить угол поворота фрезы, при котором лопатка погружается в грунт на наибольшую величину. Имея значение φ , по уравнению (8.23) можно определить необходимую минимальную длину режущей части ножа-лопатки.

Однако при $\alpha_n \leq 20^\circ$ расчет l_n допускается выполнять упрощенно по формуле

$$l_n \geq h_n / \cos \alpha_n. \quad (8.27)$$

Ширину ножа-лопатки b_n (рис. 8.7) обычно принимают [7] в пределах 150...200 мм. Большие значения принимаются при рабочей скорости передвижения, превышающей 0,2 м/с. Принятое значение согласовывается с условием

$$b_n \geq 2,35 \Pi_T + 40, \quad (8.28)$$

где Π_T – техническая производительность фрезы по грунту, м³/ч.

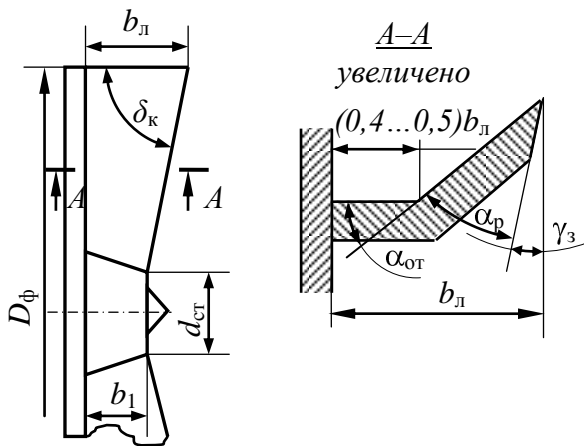


Рис. 8.7. Размеры фрезерного рабочего органа.

Для улучшения транспортирующей способности ножа-лопатки его отгибают вперед на угол $\alpha_{от} = 50...55^\circ$ на расстоянии $(0,4...0,5)b_n$ от диска, тогда угол резания α_p получается $35...40^\circ$. Задний угол $\gamma_з$ во избежание трения тыльной поверхности ножа по срезаемому грунту должен удовлетворять условию $\gamma_з > \beta$. Значение β вычисляется по уравнению (8.9) с подстановкой значения $v_{окр1}$, рассчитанного по выражению

$$v_{окр1} = v_{окр} (R_\phi - h_n) / R_\phi. \quad (8.29)$$

Рекомендуется [10] принимать $\gamma_3 = 10 \dots 15^\circ$, $\delta_k = 60 \dots 65^\circ$.

Величина дуги разгрузочного окна кожуха должна соответствовать углу разгрузки грунта φ_p , который принимается равным (0,5...0,7) π .

Наклон струи пулпы к горизонту обычно регулируется заслонками или поворотом кожуха.

Толщину диска фрезы предварительно можно принять равной 8...10 мм, толщину ножа-лопатки – на 1...2 мм больше.

Диаметр ступицы $d_{ст}$ должен соответствовать условию

$$D - 2 h_n > d_{ст} > 0,2 D. \quad (8.30)$$

Остальные размеры принимаются исходя из конструкторских соображений и на основании прочностных расчетов.

8.1.3. Расчет мощности на привод фрезерного рабочего органа

Расчет мощности $P_{р.о}$ на привод фрезерного рабочего органа с осью вращения фрезы, параллельной оси канала, можно выполнить по следующему уравнению;

$$P_{р.о} = (P_k + P_n + P_p + P_{тр}) / \eta_p, \quad (8.31)$$

где P_k , P_n , P_p , $P_{тр}$ – соответственно мощность на копание наносов, мощность на их подъем к месту выброса из кожуха, мощность на разгон наносов, мощность на преодоление сил трения наносов, перемещаемых внутри рабочего органа;

η_p – к.п.д. рабочего органа, $\eta_p \approx 0,7$.

Для расчета мощности на копание P_k используется известное выражение

$$P_k = k_1 \Pi_r. \quad (8.32)$$

По рекомендациям ВНИИЗемМаш, при характеристиках наносов, соответствующих характеристикам грунтов первой, второй и третьей категорий, k_1 принимается соответственно 100, 200 и 300 кПа. По данным авторов [13], для облицованных каналов, занесенных илом, суглинками, песком и травой, $k_1 = 35 \dots 270$ кПа; по рекомендациям, даваемым Э.А. Сухаревым [16], для наносов каналов $k_1 = 120 \dots 170$ кПа.

Расчет мощности на подъем грунта P_n выполняется по формуле

$$P_n = \Pi_r \rho g H_n, \quad (8.33)$$

в которой H_n можно приблизительно определить следующим образом:

$$H_n = (0,75 \dots 0,85) D. \quad (8.34)$$

Мощность на разгон грунта вычисляется по формуле

$$P_p = \Pi_r \rho v_{окр1}^2 / 2, \quad (8.35)$$

где $v_{окр1}$ – окружная скорость, соответствующая центру тяжести вращающегося грунта, принимается (0,85...0,9) $v_{окр}$.

При наличии значительного слоя воды над наносами потребная мощность на привод рабочего органа возрастает. Основной составляющей дополнительной потребной мощности будет мощность на разгон воды. Тогда формула для расчета *мощности на разгон воды и грунта* примет такой вид:

$$P_p = (A_c \rho + A_b \rho_b) v_{\text{п}} v_{\text{окрп}}^2 / 2, \quad (8.36)$$

где A_b – площадь поперечного сечения слоя воды над наносами;

ρ_b – плотность воды.

Для определения значения A_b можно воспользоваться схемой, приведенной на рис. 8.8.

Кроме того, при наличии значительного слоя воды целесообразно скорректировать формулу (8.33) расчета мощности на подъем. Ее можно записать в следующем виде:

$$P_{\text{п}} = (A_c \rho + A_b \rho_b) v_{\text{п}} g H_{\text{п}}. \quad (8.37)$$

Значение $H_{\text{п}}$ зависит от размеров слоев воды и наносов. Ориентировочно его можно принять по соотношению

$$H_{\text{п}} = (0,6 \dots 0,7) D. \quad (8.38)$$

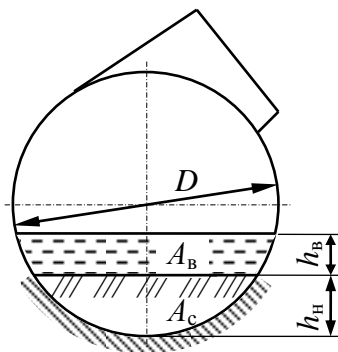


Рис. 8.8. Схема к расчету площади поперечного сечения слоя воды над наносами.

Расчет значения *мощности на преодоление сил трения* наносов в рабочем органе $P_{\text{тр}}$ ведётся исходя из того, что основными видами работ на преодоление сил трения является работа на перемещение грунта по ножу-лопатке от центра фрезы к её периферии и работа на преодоление силы трения наносов о внутреннюю поверхность кожуха. При рассмотрении движения наносов вдоль ножа-лопатки учитываются сила тяжести, сила Кориолиса, центробежная сила, сила трения и сила инерции. Расчеты показывают, что при реальных режимах работы фре-

зы на пути от внедрения ножа-лопатки в наносы и прохождении её до вертикального положения и даже несколько большим сила тяжести и центробежная сила превышают силы, препятствующие движению наносов в радиальном направлении, т.е. есть работа оказывается отрицательной. При дальнейшем повороте фрезы силы, препятствующие радиальному перемещению наносов, могли бы превысить силы, способствующие этому процессу, но из-за заполнения периферийной части ножа-лопатки движение в радиальном направлении замедляется. Поэтому мощность, требуемая на перемещение грунта вдоль ножа-лопатки, оказывается незначительной и учитывается к.п.д. рабочего органа. В связи с этим основной составляющей является работа на преодоление сил трения наносов о внутреннюю поверхность кожуха.

Расчетная схема к определению составляющей $P_{тр}$ приведена на рис. 8.9. Если из-за относительной малости пренебречь составляющей силой тяжести, прижимающей грунт к кожуху, то работу $W_{тр}$ по преодолению силы трения для частицы массой m , перемещающейся внутри кожуха, можно рассчитать по уравнению

$$W_{тр} = F_{тр} R \alpha, \quad (8.39)$$

где $F_{тр}$ – сила трения перемещаемой массы наносов о внутреннюю поверхность кожуха;

α – угол, соответствующий дуге кожуха, по которой перемещаются наносы. Он находится в пределах $(1 \dots 1,2)\pi$.

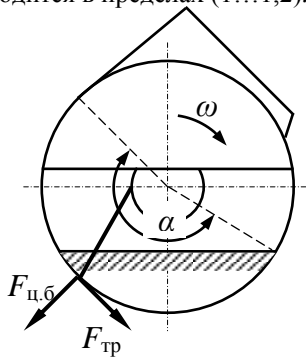


Рис. 8.9. Расчетная схема к определению мощности на трение.

Значение $F_{тр}$ найдем как произведение силы нормального давления (центробежной силы) на коэффициент трения грунта о сталь, т.е.

$$F_{тр} = F_{ц} f_1 = m v_{окр}^2 f_1 / R. \quad (8.40)$$

С учетом того, что процесс перемещения осуществляется за какое-то время t , можно записать уравнение для расчёта мощности на трение

$$P_{\text{тр}} = W_{\text{тр}} / t = m v_{\text{окр}}^2 f_1 R \alpha / R t. \quad (8.41)$$

Принимая во внимание, что $m = V \rho$, а $V/t = \Pi$, можно записать:

$$P_{\text{тр}} = \Pi_T \rho v_{\text{окр}}^2 \alpha f_1. \quad (8.42)$$

Формула (8.42) не учитывает реального расположения грунта в кожухе и на ноже-лопатке, поэтому расчет мощности на преодоление сил трения следует вести по следующей формуле:

$$P_{\text{тр}} = k_{\text{р.г}} k_{\text{к}} \Pi_T \rho v_{\text{окр}}^2 \alpha f_1, \quad (8.43)$$

где $k_{\text{р.г}}$ – коэффициент расположения грунта на ноже-лопатке, учитывающий, что центр масс перемещаемого грунта находится от оси вращения на расстоянии, меньшем радиуса, и принимаемый 0,75...0,85;

$k_{\text{к}}$ – коэффициент, учитывающий концентрацию грунта в кожухе, т.е. то, что на дуге с углом α работа идет неравномерно с нарастанием от нуля до максимума ($k_{\text{к}} = 0,3...0,5$) [9].

Значения f_1 рекомендуется [9] принимать 0,3 для грунтов первой категории и 0,45 – для второй, хотя Э. А. Сухарев [16] приводит значение угла трения наносов о сталь, равным 30...35°, что соответствует величине f_1 , равной 0,58...0,70, которую можно использовать при расчете рабочего органа для очистки каналов без воды.

8.2. Особенности расчета шнекороторного рабочего органа с коническим шнеком

Рассматривается шнекороторный рабочий орган с коническим шнеком и сосно установленным с ним лопастным метателем с осью вращения параллельной оси канала. Его кинематика во многом схожа с кинематикой рассмотренного выше фрезерного рабочего органа.

8.2.1. Расчет параметров шнека

Приведенные выше формулы (8.1...8.11) могут использоваться и при рассмотрении *кинематики шнека*. Расчетная схема конического шнека приведена на рис. 8.10.

Максимальный диаметр шнека D определяется из условия неподрезания откосов по формулам (8.13, 8.14).

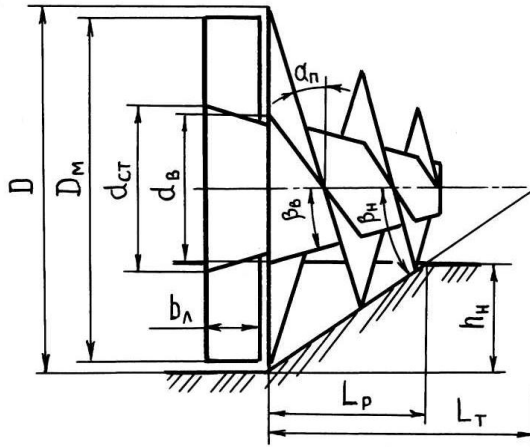


Рис. 8.10. Расчетная схема шнекороторного рабочего органа.

Угол β_n наклона образующей конусной поверхности шнека к оси шнека для снижения энергоемкости процесса перемещения грунта желательнее принимать больше угла трения грунта о грунт. Практически он принимается в пределах $30 \dots 45$ иногда до 75° . Причём с увеличением D следует принимать и увеличенное значение β_n .

Теоретическая длина шнека L_T из ΔABC

$$L_T = D / 2 \operatorname{tg} \beta_n \quad (8.44)$$

Длина рабочей части L_p шнека из ΔADE

$$L_p \geq h_n / \operatorname{tg} \beta_n \quad (8.45)$$

Число заходов z_3 шнека обычно принимается два.

Угол подъема α_n винтовой линии шнека должен быть таким, чтобы при вращении шнека шнековая поверхность скользила по грунту, смещая его к метателю без активного перемешивания. Это требование будет обеспечено при выполнении условия

$$\alpha_n \leq \varphi_T / 2, \quad (8.46)$$

где φ_T – угол трения стали о грунт. Для влажных наносов $\varphi_T = 30 \dots 35^\circ$.

При разработке наносов для снижения динамических нагрузок на шнек необходимо, чтобы винтовая поверхность шнека постоянно находилась в контакте с наносами. Данное требование будет выполнено при удовлетворении неравенства

$$L_p \geq T_{cp} / z_3, \quad (8.47)$$

где T_{cp} – средний шаг шнека.

При постоянном α_n у конического шнека величина шага не постоянна. Для участка длиной L_p среднее значение шага находят по формуле

$$T_{cp} = \pi D_{cp} \operatorname{tg} \alpha_n, \quad (8.48)$$

где D_{cp} – средний диаметр рабочей части шнека.

Расчет D_{cp} можно выполнить по формуле

$$D_{\text{cp}} = (D + D_{\text{min}}) / 2, \quad (8.49)$$

где D_{min} – минимальный диаметр рабочей части шнека.

Из рис. 8.10 следует

$$D_{\text{min}} \approx D - 2 h_{\text{н}}. \quad (8.50)$$

Используя приведенные определения, формулу (8.48) можно переписать в следующем виде:

$$T_{\text{cp}} = \pi (D - h_{\text{н}}) \operatorname{tg} \alpha_{\text{п}}. \quad (8.51)$$

Однако толщина снимаемых наносов $h_{\text{н}}$ при очистке каналов может быть меньше, указанной на рис. 8.10. В этом случае на длине L_{p} будет помещаться меньше, чем $0,5 T_{\text{cp}}$, что приведет к невыполнению требования постоянного контактирования винтовой поверхности с наносами. Поэтому для расчета необходимого значения T_{cp} в формуле (8.51) значение $h_{\text{н}}$ следует умножить на 0,75.

Из формул (8.47) и (8.51) можно получить формулу для расчета значения угла $\alpha_{\text{п}}$, обеспечивающего выполнение условия (8.47):

$$\alpha_{\text{п}} \leq \operatorname{arctg} [z_3 L_{\text{p}} / (D - h_{\text{н}})]. \quad (8.52)$$

Но с учетом комментария к формуле (8.51) при расчете угла подъема винтовой линии в формуле (8.52) и $h_{\text{н}}$, и L_{p} следует умножить на 0,75.

Полученное $\alpha_{\text{п}}$ является окончательным при условии, что оно не больше рассчитанного по уравнению (8.46).

Диаметр вала шнека $d_{\text{в}}$ у его основания предварительно определяют по соотношению

$$d_{\text{в}} \approx D - 2 h_{\text{н}}. \quad (8.53)$$

Окончательно $d_{\text{в}}$ определяется после прочностных расчетов и компоновки привода шнека и метателя.

Частота вращения шнека $n_{\text{ш}}$ вычисляется из соображений обеспечения необходимого соотношения скорости движения винтовой линии $v_{\text{в}}$ и скорости рабочего передвижения каналаочистителя. Значение $v_{\text{в}}$ рассчитывается по формуле

$$v_{\text{в}} = T_{\text{cp}} n_{\text{ш}}. \quad (8.54)$$

При равенстве скорости рабочего передвижения и скорости движения винтовой линии ($v_{\text{п}} = v_{\text{в}}$) шнек ввинчивается в наносы без их перемещения. Для нормальной работы шнек должен сдвигать грунт назад, обеспечивая производительность не менее $\Pi_{\text{т}}$.

Это требование будет выполняться при условии, что $v_{\text{в}} \geq 2v_{\text{п}}$.

Тогда

$$n_{\text{шн}} \geq 2 v_{\text{п}} / T_{\text{cp}}. \quad (8.55)$$

У известных каналоочистителей $n_{\text{шн}}$ составляет $0,8 \dots 1,0 \text{ с}^{-1}$.

8.2.2. Расчет параметров метателя

Конструкция лопастного метателя сходна с конструкцией описанного выше фрезерного рабочего органа (рис. 8.7).

Диаметр метателя D_M (рис. 8.11) принимается на $2 \dots 4$ см меньше максимального расчетного диаметра шнека, т.е.:

$$D_M = D - (0,02 \dots 0,04), \text{ м.} \quad (8.56)$$

Дальность отбрасывания $l_{\text{отб}}$ у шнекороторных каналоочистителей находится в пределах $5 \dots 25$ м при среднем значении, близком к 12 м.

Окружную скорость метателя $v_{\text{о.м}}$ можно принять по зависимости

$$v_{\text{о.м}} = (1,5 \dots 2,5) l_{\text{отб}}. \quad (8.57)$$

У известных каналоочистителей $v_{\text{о.м}} = 14,0 \dots 23,4$ м/с.

Частота вращения метателя n_M рассчитывается на основании принятых параметров

$$n_M = v_{\text{о.м}} / \pi D_M. \quad (8.58)$$

У существующих каналоочистителей имеет место следующее соотношение: $n_M = (9 \dots 10) n_{\text{шн}}$.

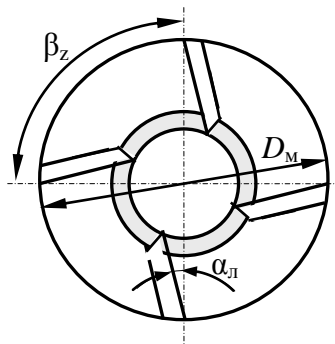


Рис. 8.11. Расчетная схема метателя (вид спереди) шнекороторного рабочего органа.

Число лопастей z_L для снижения динамических нагрузок на метатели принимается таким, чтобы угловой шаг лопастей β_z был меньше $\alpha_{\text{кон}}$. Это условие удовлетворяется при $z_L \geq 2\pi / \alpha_{\text{кон}}$. Обычно $z_L = 3 \dots 5$.

Угол отклонения лопасти от радиального направления α_n принимается $5 \dots 10^\circ$.

Длина лопасти l_1 рассчитывается по формуле (8.27), но ограничивается диаметром ступицы $d_{ст}$. Предварительно можно принять $d_{ст} = d_v$ с последующим уточнением в процессе конструирования привода, расчета подшипников и компоновки ступицы.

Ширина лопастей b_n принимается, как и для фрезерного рабочего органа, также, как форма и геометрия лопастей. Это же относится и к конструированию кожуха.

8.2.3. Построение винтовой поверхности конического шнека

При проектировании и выполнении чертежей шнека необходимо вычерчивать винтовые линии шнека. Обычно вычерчивается вид сбоку и вид спереди, но для удобства построений с использованием правил начертательной геометрии на рис. 8.12 в его верхней части изображен вид спереди, а в нижней – вид сбоку.

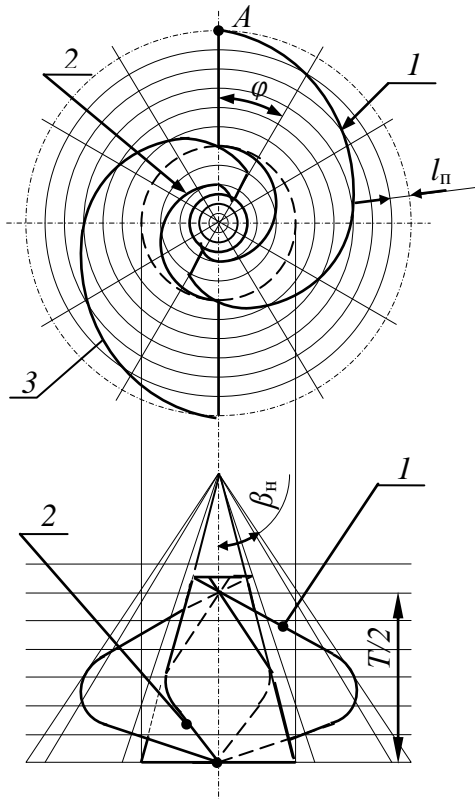


Рис. 8.12. Схема к построению винтовой поверхности конического шнека с постоянным шагом.

Шнеки могут быть с постоянным углом подъема винтовой линии или с постоянным шагом. Для построения проекций винтовой линии с постоянным шагом удобно воспользоваться методом секущих плоскостей (плоскости вертикально секут конус, проходя через его ось). Каждая последующая плоскость повернута на угол φ . Построение целесообразно начинать с вида спереди, откладывая от окружности по образующим значения $l_{п}$, которые для шнека с постоянным шагом можно определить следующим образом.

На одном шаге T винтовая линия описывает угол 2π . Деление шага на n отрезков соответствует делению этого угла 2π на n углов, равных φ . Проекция шага на боковую поверхность конуса – $T/\cos \beta_n$, а на основание – $T \operatorname{tg} \beta_n$.

Тогда величина уменьшения радиуса l_n при его повороте от точки A запишется следующим образом:

$$l_n = N_T T \operatorname{tg} \beta_n / n_{ш}, \quad (8.59)$$

где N_T – номер точки;

$n_{ш}$ – кратность деления шага и окружности (принятое количество частей, на которое делится окружность).

На рис. 8.12 кратность принята равной 12.

Построенную по точкам спираль Архимеда (кривая 1) по законам проекционной связи следует перенести на нижнюю фронтальную проекцию.

Аналогично строятся спираль для винтовой линии, проходящей по поверхности вала (кривая 2), и винт второго захода (кривая 3). Изложенные рассуждения не исключают использования приема сечения фронтальной проекции горизонтальными плоскостями.

Построение шнековых поверхностей для шнека с постоянным углом подъема винтовой поверхности показано на рис. 8.13. Для удобства построения здесь на верхней проекции показан вид шнека сбоку, а на нижней – вид спереди.

При постоянном α_n формулу для расчета значения подъема по проекции образующей на виде спереди можно получить, исходя из следующих соображений.

При повороте радиуса от точки A на угол φ с умножением соответствующего значения длины дуги на $\operatorname{tg} \alpha_n$ получим величину подъема винтовой линии, соответствующую углу поворота радиуса для цилиндрического шнека. Умножив эту величину на $\cos \beta_n$, получим проекцию на конусную поверхность, а умножив на $\sin \beta_n$, – искомую величину проекции на основание конуса.

Таким образом,

$$l_n = N_T \pi D (\operatorname{tg} \alpha_n \sin \beta_n \cos \beta_n) / n_{ш}. \quad (8.60)$$

Дальнейшее построение аналогично предыдущему случаю.

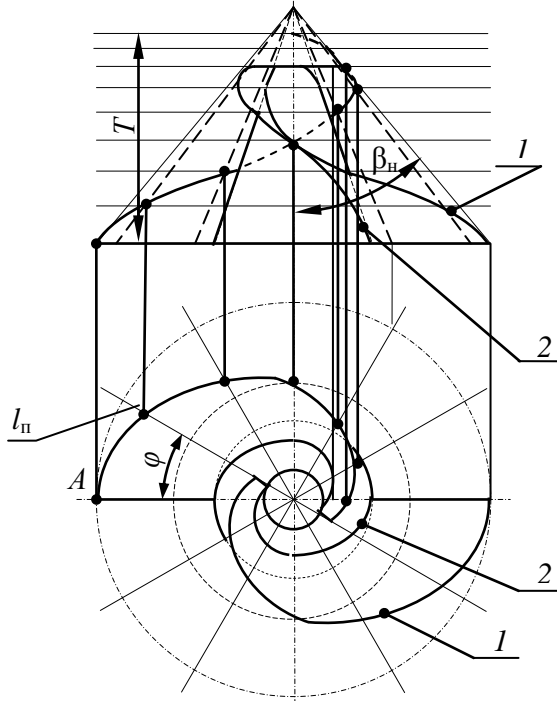


Рис. 8.13. Схема к построению винтовой поверхности конического шнека при постоянном угле ее подъема.

8.2.4. Расчет мощности на привод шнекороторного рабочего органа

Шнекороторный рабочий орган состоит из двух существенно отличающихся по назначению элементов, поэтому уравнение расчета мощности на его привод запишем в следующем виде:

$$P_{р.о}^{дв} = P_{шн} / \eta_{шн} \eta_{тр.шн} + P_{м} / \eta_{м} \eta_{тр.м}, \quad (8.61)$$

где $P_{шн}$, $P_{м}$ – соответственно мощности на осуществление рабочего процесса метателем;

$\eta_{шн}$, $\eta_{тр.шн}$, $\eta_{м}$, $\eta_{тр.м}$ – соответственно к.п.д. шнека, трансмиссии привода шнека, метателя и трансмиссии его привода.

Значение $\eta_{ш} \approx 0,6$, $\eta_{м} \approx 0,8$, а значения $\eta_{тр.шн}$ и $\eta_{тр.м}$ зависят от конкретной схемы и исполнения трансмиссии их привода.

Расчет $P_{шн}$ можно выполнить по уравнению

$$P_{\text{шн}} = P_{\text{к}} + P_{\text{р.шн}} + P_{\text{тр.шн}} \quad (8.62)$$

$P_{\text{к}}$ определяется так же, как и для фрезерного, по формуле (8.32). Скорость, до которой витки шнека разгоняют отделённые от дна наносы, обычно не превышает 1 м/с, поэтому значение $P_{\text{р.шн}}$ получается незначительным и его можно учесть к.п.д. шнека.

Процесс трения можно представить как трение отделённых и перемещаемых наносов о забой, образуемый шнеком. При этом на отделённые наносы, находящиеся на наклонном забое (рис. 8.14), действуют скатывающая сила ($mg \sin \beta_{\text{н}}$), сила тяжести (mg) и сила трения, которую можно представить как произведение нормальной составляющей силы тяжести ($mg \cos \beta_{\text{н}}$) на коэффициент трения грунта о грунт, являющийся тангенсом угла трения $\varphi_{\text{г}}$ грунта о грунт. Но поскольку угол $\beta_{\text{н}} = 30 \dots 75^\circ$, что близко к $\varphi_{\text{г}}$ или больше его, скатывающая сила оказывается близкой к силе трения, поэтому для рабочего органа с коническим шнеком можно принять $P_{\text{тр}} = 0$.

Расчет $P_{\text{м}}$ можно выполнить по уравнению

$$P_{\text{м}} = P_{\text{ч}} + P_{\text{п}} + P_{\text{р}} + P_{\text{тр}}, \quad (8.63)$$

где $P_{\text{ч}}$ – мощность на черпание (захватывание) наносов, отделённых витками шнека и подаваемых к метателю.



Рис. 8.14. Схема сил, действующих на отделённые наносы.

Расчет $P_{\text{ч}}$ можно выполнить следующим образом:

$$P_{\text{ч}} = k_{\text{с}} k_1 P_{\text{т}}, \quad (8.64)$$

где $k_{\text{с}}$ – коэффициент, учитывающий снижение k_1 в результате того, что к метателю поступают наносы, взрыхлённые шнеком, обычно $k_{\text{с}} = 0,4 \dots 0,6$. Большие значения принимаются для более легких грунтов.

Расчет $P_{\text{р}}$, $P_{\text{п}}$ и $P_{\text{тр}}$ выполняется так же, как и для фрезерного рабочего органа с осью вращения, параллельной оси канала, по формулам (8.33, 8.35, 8.36, 8.43).

Замеры реальных значений вращающего момента на валу шнека рабочего органа МР-16 показали, что он равен 2...2,5 кНм. Это соответствует мощности на привод шнека 12,4...15,5 кВт.

8.2.5. Расчет сил, действующих на фрезерный и шнекороторный рабочие органы

Силы тяжести рабочих органов в ньютонах можно определить через их массы, которые ориентировочно можно рассчитать по зависимостям: $m_{p.o} \approx D$ – для шнекороторного и $m_{p.o} \approx (0,6 \dots 0,7) D$ – для фрезерного. Здесь D подставляется в мм.

При отделении наносов ножами-лопатками со стороны грунта на них действует сила копания F_k (рис. 8.15), которую можно представить в виде составляющей, препятствующей поступательному передвижению рабочего органа, и составляющей, направленной по касательной, т.е. перпендикулярно к оси вращения. Однако в связи с большой скоростью вращения первая составляющая незначительна и силу F_k можно считать направленной перпендикулярно к оси вращения. Её значение определяется по формуле

$$F_k = P_k / v_{\text{окр1}}. \quad (8.65)$$

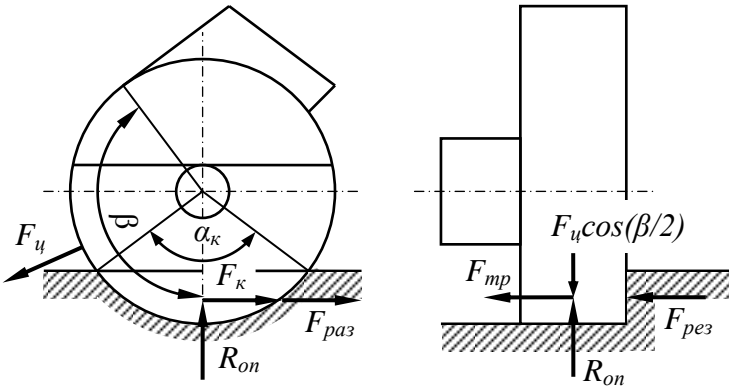


Рис. 8.15. Схема к расчёту сил, действующих на фрезерный рабочий орган.

Вектор силы F_k параллелен поверхности наносов и проходит через центр тяжести сегмента срезаемых наносов, но при тяговых и статических расчётах для упрощения их выполнения можно считать её проходящей горизонтально через нижнюю точку кожуха.

Отделённый грунт разгоняется до окружной скорости. При этом возникает сила инерции, препятствующая разгону $F_{\text{раз}}$. Значение силы рассчитывается по формуле

$$F_{\text{раз}} = P_p / v_{\text{окр1}}. \quad (8.66)$$

Разгон грунта происходит на дуге, соответствующей углу α_k , поэтому ориентировочно силу $F_{\text{раз}}$ можно считать проходящей через середину снимаемых наносов параллельно касательной, проведенной в середине α_k .

На перемещаемый внутри кожуха грунт действует центробежная сила. Перемещение происходит на пути, соответствующем дуге с центральным углом β . Приблизительно по биссектрисе этого угла направлена центробежная сила $F_{\text{ц}}$, возникающая при перемещении грунта по внутренней поверхности кожуха. Её величину можно определить следующим образом:

$$F_{\text{ц}} = P_{\text{тр}} / f_1 v_{\text{окр1}}. \quad (8.67)$$

Рабочий орган при полунавесной схеме агрегатирования обычно опирается днищем кожуха о грунт, срезая своей передней кромкой небольшой слой наносов. Сила $F_{\text{рез}}$, препятствующая резанию, рассчитывается по формуле

$$F_{\text{рез}} = k_y L_d, \quad (8.68)$$

где k_y – удельное сопротивление срезанию наносов, равное 7...9 кН/м;
 L_d – длина дуги срезаемых наносов.

$$L_d = D \alpha_k / 2. \quad (8.69)$$

Силу трения кожуха $F_{\text{тр.к}}$ о грунт можно найти, используя значение опорной реакции $R_{\text{оп}}$, действующей на днище кожуха, которая определяется с учетом рассчитанных выше сил и сил тяжести рабочего оборудования, приходящихся на опорную поверхность днища.

Тогда

$$F_{\text{тр}} = f_1 R_{\text{оп}}. \quad (8.70)$$

Точкой приложения равнодействующей этой силы можно считать точку A (рис. 8.16).

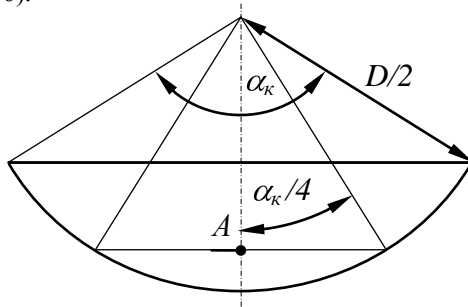


Рис. 8.16. Схема к пояснению определения точки приложения силы, действующей на кожух фрезерного рабочего органа.

Аналогично рассчитываются силы, действующие на шнек, и то, что у метателя процесс копания замещен процессом черпания. Типичная схема сил приведена на рис. 8.17.

В процессе работы шнек, отделяя наносы, ввинчивается в них. При этом создаётся сила $F_{\text{зат}}$, затягивающая шнек, которую рассчитывают по формуле

$$F_{\text{зат}} = k_1 \Pi_T / (v_B - v_n). \quad (8.71)$$

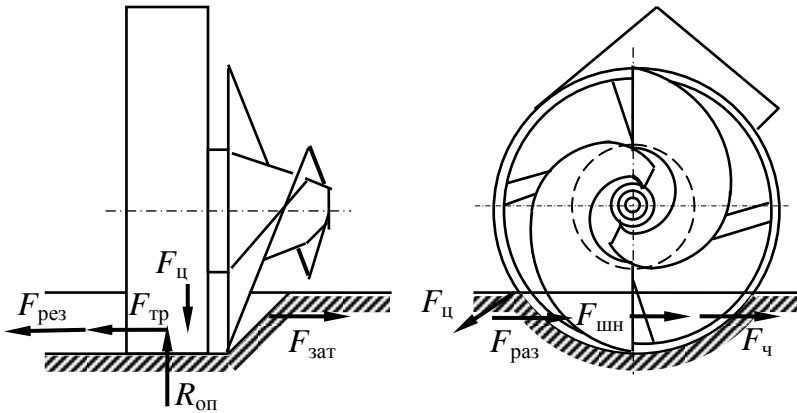


Рис. 8.17. Схема сил, действующих на шнек.

Возникающую при этом на шнеке окружную силу $F_{\text{шн}}$ упрощенно можно рассчитать следующим образом:

$$F_{\text{шн}} = F_{\text{зат}} \operatorname{tg} \alpha_{\text{ш}}. \quad (8.72)$$

Сила $F_{\text{ч}}$, препятствующая черпанию грунта и аналогичная силе $F_{\text{к}}$, вычисляется по формуле

$$F_{\text{ч}} = P_{\text{ч}} / v_{\text{окр1}}. \quad (8.73)$$

Остальные силы, действующие на метатель, определяются, так же, как и для фрезерного рабочего органа.

При наличии отвалов на рабочем органе следует учесть силы, действующие на них. Основной их составляющей будет сила $F_{\text{от}}$, направленная против рабочего передвижения каналаочистителя. Её значение можно найти по формуле

$$F_{\text{от}} = k_{\text{тр}} A_{\text{от}}, \quad (8.74)$$

где $k_{\text{тр}}$ – удельное сопротивление копанию грунта открывками: для наносов $k_{\text{тр}} = 60 \dots 120$ кПа;

$A_{\text{от}}$ – площадь поперечного сечения грунта, срезаемого открывками или отвалами.

8.3. Расчет рабочих органов каналочистителей с цилиндрическим шнеком

8.3.1. Кинематические соотношения и расчет параметров цилиндрического шнекового рабочего органа

Цилиндрические шнековые рабочие органы применяются для очистки или профилирования откосов каналов (крутонаклонные шнеки) и сдвигания наносов в сторону на дне каналов (горизонтальные шнеки). К основным параметрам шнекового рабочего органа (рис. 8.18) относятся: длина шнека $L_{ш}$, длина рабочей части шнека L_p , наружный диаметр шнека $D_{ш}$, шаг винтовой поверхности шнека S , окружная скорость на режущей кромке v_p или частота вращения шнека n , скорость рабочего передвижения каналочистителя $v_{п}$, производительность по транспортирующей способности Π_r .

Значение L_p принимается равным длине откоса очищаемого канала:

$$L_p = H_k / \sin \lambda. \quad (8.75)$$

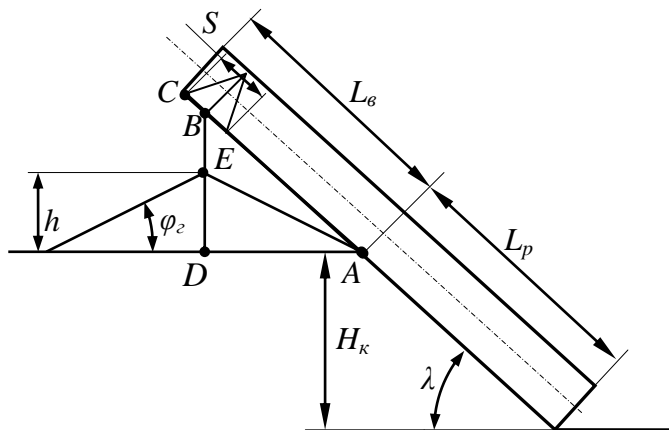


Рис. 8.18. Схема к определению необходимой длины выступающей части шнека.

Для обеспечения выгрузки грунта на необходимом минимальном расстоянии от бровки канала при отсутствии метателя величина $L_{ш}$ должна быть больше L_p на L_b . Величину выступающей части L_b следует

определить из условия размещения извлеченных из канала наносов под шнеком.

Длина выступающей части шнека AC состоит из отрезков AB и BC , где $BC = S/2$, AB можно найти из треугольника ABD , у которого высота h определяется по формуле

$$h = \sqrt{A_n k_p} \operatorname{tg} \varphi_r . \quad (8.76)$$

Следовательно, $AD = h / \operatorname{tg} \varphi_r$. Тогда

$$AB = AD / \cos \lambda = h / (\cos \lambda \operatorname{tg} \varphi_r). \quad (8.77)$$

Таким образом, расчет минимального значения L_B можно выполнить по следующей формуле:

$$L_B = 0,5S + h / (\cos \lambda \operatorname{tg} \varphi_r). \quad (8.78)$$

На данной стадии проектирования значение S не определено, поэтому его предварительно можно принять на основании результатов обзора конструкций или рассчитать в метрах по зависимости

$$S \approx 3 \sqrt{\Pi_T} . \quad (8.79)$$

Остальные геометрические параметры показаны на рис. 8.19.

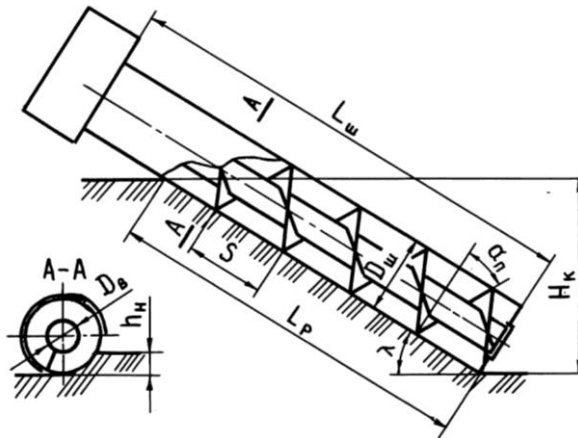


Рис. 8.19. Схема к расчету параметров крутонаклонного шнекового рабочего органа.

Расчет производительности по транспортирующей способности выполняется по формуле

$$\Pi_T = \pi (D_{ш}^2 - D_B^2) S n k_n k_{вp} / (4 k_p), \quad (8.80)$$

где k_n – коэффициент наполнения шнекового пространства, принимаемый равным 0,2...0,4;

$k_{вр}$ – коэффициент, учитывающий участие транспортируемой массы в частичном вращательном движении. Для крутонаклонных шнеков можно принять $k_{вр} = 0,3 \dots 0,4$.

Диаметр вала шнека в м предварительно до выполнения прочностного расчета можно принять по одному из соотношений: $D_b \approx 0,2D_{ш}$ или $D_b \approx 0,035 + 0,1D_{ш}$.

Шаг винтовой поверхности стандартного шнека принимается равным $0,8 D_{ш}$ или $D_{ш}$. Обычно первое принимается для крутонаклонных и вертикальных, второе – для горизонтальных и пологонаклонных.

Частоту вращения n желательно назначать такой, чтобы обеспечивалась окружная скорость $4 \dots 4,5$ м/с, так как при такой скорости имеет место минимальная энергоёмкость процесса [9]. Увеличение окружной скорости ведет к ускоренному изнашиванию режущей кромки. Для горизонтальных шнеков окружная скорость должна быть $1,5 \dots 3$ м/с.

S , v_p и $D_{ш}$ n связано известной формулой:

$$n = v_p / \pi D_{ш}. \quad (8.81)$$

Используя рекомендации по соотношению между $D_{ш}$, D_b , S , из формулы (8.80) можно получить выражение для предварительного расчета $D_{ш}$

$$D_{ш} \approx \sqrt{6\Pi_{т} k_p / v_p k_n k_{вр}} \quad (8.82)$$

или при подстановке средних значений можно получить следующую зависимость для предварительного ориентировочного расчета $D_{ш}$:

$$D_{ш} \approx 3,7 \sqrt{\Pi_{т}}. \quad (8.83)$$

Расчитанное значение $D_{ш}$ желательно согласовать с рекомендуемыми стандартными значениями (табл. 8.1), а также принять стандартное значение S и уточнить значение D_b , приняв его в пределах от 70 до 200 мм. Обычно меньшее значение S принимается для крутонаклонных, большее – для горизонтальных шнеков. У каналочистителей обычно $D_{ш} \geq 300$ мм. При этом должно быть выполнено условие

$$D_{ш} \geq 2 h_n + D_b. \quad (8.84)$$

Т а б л и ц а 8.1. Стандартные значения диаметра и шага шнеков, мм

$D_{ш}$	250	320	400	500	650	800
S	200; 250	250; 320	320; 400	400; 500	500; 650	650; 800

После принятия уточненных значений необходимо пересчитать $\Pi_{т}$. Расчитанное по формуле (8.80) значение $\Pi_{т}$ не должно отличаться от заданного более чем на 5 %.

Возможность применения методики расчета крутонаклонных шнеков проверяется сопоставлением принятой частоты вращения шнека и критической частоты $n_{кр}$. Если $n \geq n_{кр}$, шнек рассчитывается как крутонаклонный, иначе – как пологонаклонный. Расчет $n_{кр}$ выполняется по следующей формуле:

$$n_{кр} = 30 \sqrt{2g \operatorname{tg}(\alpha_{п} + \rho_{в}) / D_{ш} f_{пр}} / \pi, \quad (8.85)$$

где $\alpha_{п}$ – угол подъема винтовой линии;

$\rho_{в}$ – угол трения грунта о витки шнека;

$f_{пр}$ – приведенный коэффициент трения.

Здесь

$$\alpha_{п} = \operatorname{arc} \operatorname{tg} (S / \pi D_{ш}); \quad (8.86)$$

$$f_{пр} = (f_1 + f_2) / 2. \quad (8.87)$$

В формулу (8.85) введена величина $f_{пр}$ с учетом того, что цилиндрическая поверхность, охватывающая шнек, частично образована стальным кожухом, а частично – разрабатываемым грунтом.

По аналогии с крутонаклонным для каналов без воды можно получить следующую зависимость для горизонтальных и пологонаклонных шнеков:

$$D_{ш} \approx 3,2 \sqrt{\Pi_T}. \quad (8.88)$$

В отличие от крутонаклонных для горизонтальных и пологонаклонных после расчета параметров необходимо проверить частоту вращения по условию

$$n \leq 1 / D_{ш}. \quad (8.89)$$

При невыполнении данного условия нужно принять пониженное значение v_p и пересчитать параметры шнека. Обычно получается значение $n = 0,5 \dots 1,3 \text{ с}^{-1}$.

При расчете пологонаклонных шнеков следует учитывать то, что их производительность снижается с увеличением угла наклона шнека к горизонту λ . Это можно учесть, введя в формулу (8.80) множитель k_y , значение которого определяют по табл. 8.2.

Т а б л и ц а 8.2. Значения k_y в зависимости от угла наклона шнека

λ , град	0	5	10	15	20	25	30
k_y	1,0	0,9	0,8	0,7	0,65	0,6	0,5

Скорость рабочего передвижения рассчитывается по формуле

$$v_{п} = \Pi_T / L_p h_{п}. \quad (8.90)$$

Расчетная толщина снимаемого слоя наносов h_n обычно указывается в задании на проектирование или принимается, исходя из технологических соображений, но, как правило, её максимальное значение должно удовлетворять следующему требованию:

$$h_n \leq (D_{ш} - D_b) / 2. \quad (8.91)$$

Значение *подачи на оборот* $C_{об}$ рассчитывается по формуле

$$C_{об} = v_n / n. \quad (8.92)$$

Расчитанное значение $C_{об}$ также должно быть не больше h_n .

При установке шнека неперпендикулярно к направлению движения это необходимо учесть при расчете v_n по формуле (8.90).

При необходимости увеличения дальности отбрасывания грунта шнековые рабочие органы комплектуются лопастными метателями. Схемы установки метателей показаны на рис. 8.20.

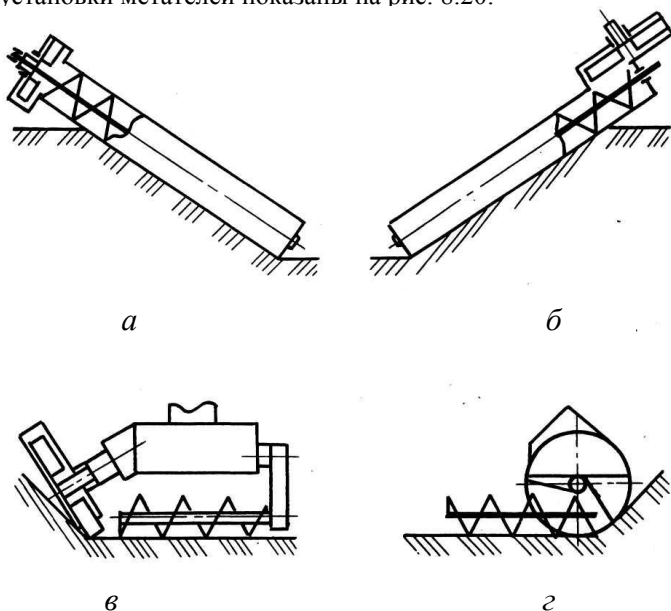


Рис. 8.20. Схемы шнековых рабочих органов: а – крутонаклонный с центральной подачей грунта на метатель; б – крутонаклонный с боковой подачей грунта на метатель; в, г – горизонтальные с боковой подачей грунта на метатель.

При боковой подаче грунта (рис. 8.20,б, в, г) он поступает к периферийной части лопастей, имеющей высокую окружную скорость. Это

вызывает пульсацию нагрузки на привод, снижается дальность отбрасывания и повышается энергоёмкость, поэтому более предпочтительной является торцевая центральная подача (рис. 8.20,а). Лопастные метатели обеспечивают дальность отбрасывания грунта до 20, а иногда и до 40 м.

Схема с основными геометрическими параметрами метателя показана на рис. 8.21.

Обычно $D_M \approx 2 D_{\text{шн}}$, частота вращения метателя $n_M = 5,0 \dots 13,3 \text{ с}^{-1}$. Угол выброса грунта α_v для песка и торфа принимается $35 \dots 40^\circ$, для суглинка – $40 \dots 45$, а при расположении метателя на дне канала для песка и торфа – 40 для суглинка и ила – $45 \dots 50^\circ$.

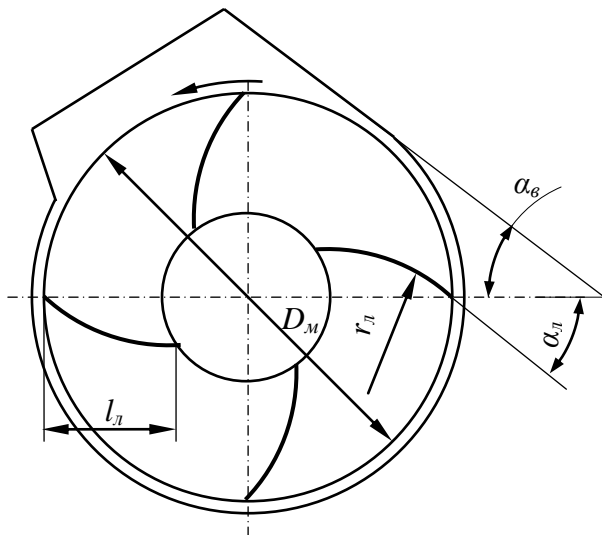


Рис. 8.21. Схема геометрических параметров метателя.

Оптимальным профилем лопасти является профиль, изогнутый по дуге с выпуклостью, направленной в сторону вращения. Радиус кривизны лопатки r_L принимается по рекомендации $r_L = (0,35 \dots 0,40) D_M$. Лопатка устанавливается так, чтобы угол α_L между касательной к наружному концу лопатки и диаметральной плоскостью составлял $25 \dots 30$, а при работе на торфяниках – до 40° , что обеспечивает максимальные производительность и компактность струи.

Число лопаток $z_L = 4 \dots 6$.

Ширину лопатки $b_{л}$ в мм ориентировочно можно определить по зависимости, в которую значение $\Pi_{т}$ подставляется в $\text{м}^3/\text{ч}$:

$$b_{л} = 25 + 2,25\Pi_{т}. \quad (8.93)$$

Однако назначать $b_{л}$ более 250 мм нежелательно. Длину лопатки $l_{л}$ можно принимать для схемы:

рис. 8.20,а – $l_{л} \approx (D_{м} - D_{ш}) / 2$;

рис. 8.20,б – $l_{л} \approx S / 2$;

рис. 8.20,в и г – $l_{л} \approx (0,6 \dots 0,8) D_{ш}$.

8.3.2. Расчет мощности на привод рабочего органа с цилиндрическим шнеком

Формулу расчета мощности на привод рабочего органа можно записать в следующем виде:

$$P_{р.о.} = (P_{к} + P_{п} + P_{п.г}) / \eta_{ш}\eta_{оп} + P_{м} / \eta_{м}, \quad (8.94)$$

где $P_{к}$ – мощность на копание грунта витками шнека, определяется по формуле (8.32);

$P_{п}$ – мощность на подъем грунта, т. е. на увеличение потенциальной энергии грунта при его подъеме к метателю или выгрузному окну;

$P_{п.г}$ – мощность на передвижение грунта к метателю или выгрузному окну, включающая в себя мощности на разгон, перемешивание и измельчение, трение о вал, о винтовую поверхность, об откос и о внутреннюю поверхность кожуха;

$P_{м}$ – мощность на привод метателя;

$\eta_{ш}$ – к.п.д. шнека, равный 0,7...0,8;

$\eta_{оп}$ – к.п.д., учитывающий потери мощности в подшипниковых опорах шнека, приблизительно равный 0,95;

$\eta_{м}$ – к.п.д. метателя, приблизительно равный 0,8.

Мощность на подъем грунта по аналогии с другими рабочими органами определяется следующим образом:

$$P_{п} = (\Pi_{т} \rho g H_{п}). \quad (8.95)$$

Здесь $H_{п}$ при очистке откоса вычисляется по формуле

$$H_{п} = 0,5 H_{к} + (L_{в} - 0,5S) \sin \lambda. \quad (8.96)$$

Основываясь на известных методиках расчета винтовых конвейеров и учитывая коэффициентом 1/2 то, что поступление транспортируемой массы в шнек происходит на всей длине рабочей части, а также то, что перемещаемый грунт трется не только о стальные поверхности шнека, но и об откос, мощность $P_{п.г}$ можно рассчитать следующим образом:

$$P_{п.г} = (k_3 \Pi_{т} \rho g L_{ш} w_0 \cos \lambda) / 2, \quad (8.97)$$

где k_3 – коэффициент запаса, $k_3 = 1,2 \dots 1,4$;

w_0 – эмпирический коэффициент сопротивления перемещению грунта, приблизительно равный 4.

Расчет P_M можно выполнить по методике расчета метателя шнекороторного рабочего органа или по следующей адаптированной к принятым условиям и обозначениям формуле [8]:

$$P_M = \Pi_T \rho g [(v_B^2 - v_{oc}^2) (0,5D_M + r_o) f_1 / (2 \cos \alpha_B)] [\sin \alpha_B + (2 \pi n_M)^2 (0,5D_M + r_o) \times (1 - \sin \phi_1) / (g \cos \phi_1)], \quad (8.98)$$

где v_B – скорость выброса грунта;

r_o – радиус расположения центра зоны метателя, в которую поступает грунт при боковой подаче, $r_o = 0,15; 0,12; 0,10; 0,07$ м соответственно при $v_{окр} = 15, 20, 25$ и 32 м/с;

ϕ_1 – угол трения грунта о сталь.

Расчет v_B выполняю по формуле

$$v_B = v_M \sqrt{[1 - \sin \phi_1] / \cos \phi_1} - 1, \quad (8.99)$$

где v_M – окружная скорость метателя.

Для данного случая v_{oc} определяется по формуле

$$v_{oc} = 4 \Pi_T / \pi (D_{ш}^2 - D_B^2). \quad (8.100)$$

8.3.3. Расчет сил, действующих на шнековый рабочий орган с цилиндрическим шнеком

В результате взаимодействия режущей кромки винтовой поверхности с грунтом происходит его отделение от массива. При этом возникает сила взаимодействия шнека с грунтом, составляющие которой удобно представить в виде осевой R_{oc} и окружной $R_{окр}$ реакций.

Значение R_{oc} можно рассчитать по формуле

$$R_{oc} = P_K / v_B, \quad (8.101)$$

где v_B – скорость движения винтовой линии, определяемая по формуле

$$v_B = n S. \quad (8.102)$$

Реакция $R_{окр}$ является распределенной нагрузкой, действующей на всей длине режущей части шнека, контактирующей с откосом. Для тяговых и статических расчетов её допустимо представить в виде сосредоточенной нагрузки, действующей по касательной к шнеку и приложенной к середине его режущей части. Расчетной угловой координатой приложения $R_{окр}$ принимается половина угла контакта α_K , что показано на рис. 8.22.

Численное значение $R_{окр}$ определяется следующим образом:

$$R_{окр} = P_K / v_p. \quad (8.103)$$

Вертикальная составляющая этой реакции, лежащая в плоскости, перпендикулярной оси вращения, вычисляется по формуле

$$R_B = R_{окр} \sin (\alpha_K / 2). \quad (8.104)$$

Аналогично определяется горизонтальная составляющая

$$R_{\text{гор}} = R_{\text{окр}} \cos(\alpha_k / 2). \quad (8.105)$$

Из рис. 8.22 следует, что

$$\alpha_k = \arccos(1 - 2h_n / D_{\text{ш}}). \quad (8.106)$$

На вал шнека действуют распределённая по длине режущей части нагрузка $R_{\text{окр}}$, вращающий момент T и осевая сила $F_{\text{ос}}$. Значение момента найдем по формуле:

$$T = (P_k + P_{\text{п}} + P_{\text{п.г}}) / (2 \pi n \eta_{\text{оп}} \eta_{\text{ш}}). \quad (8.107)$$

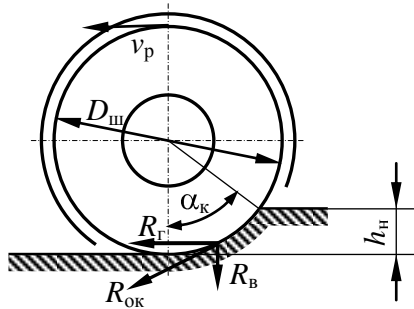


Рис. 8.22. Схема действия окружной реакции и её составляющие.

Осевую силу можно найти следующим образом:

$$F_{\text{ос}} = R_{\text{ос}} + (P_{\text{п}} + P_{\text{п.д}}) / v_{\text{ос}}. \quad (8.108)$$

Шнековые береговые каналоочистители с крутонаклонным шнеком имеют, как правило, полунавесную схему агрегатирования (нижний конец шнека имеет опору – уплотнительную плиту). Одной из стадий тяговых и статических расчетов является определение реакций F_x , F_y и F_z в месте условного расчленения базовой машины и рабочего оборудования. Типичная расчетная схема, которую можно использовать для этой цели, приведена на рис. 8.23.

Значения F_x и F_y определяют после нахождения реакции под опорой R_0 , которую рассчитывают из условия $\sum M_0 = 0$. Определение силы, препятствующей перемещению опоры в направлении движения каналоочистителя, выполняется по формуле

$$F_{\text{оп}} = f_1 R_0. \quad (8.109)$$

Значение F_z определяется из суммы проекций сил на ось, параллельную поверхности передвижения машины.

При наличии метателя на рабочее оборудование дополнительно действуют центробежная сила грунта, перемещающегося в кожухе метателя, и сила, необходимая для разгона грунта. Их можно определить по методике расчета сил, действующих на метатель шнекороторного каналоочистителя.

Силу тяжести грунта в шнеке можно определить по формуле

$$G_{\Gamma} = \rho L_{\text{ш}} \pi (D_{\text{ш}}^2 - D_{\text{в}}^2) k_{\text{н}} / 8 k_{\text{р}}. \quad (8.110)$$

Силу тяжести рабочего оборудования $G_{\text{р.о}}$ ориентировочно можно принять 25...30 % от силы тяжести базовой машины, а силу тяжести рабочего органа $G_{\text{р}}$ – 40...50 % от $G_{\text{р.о}}$.

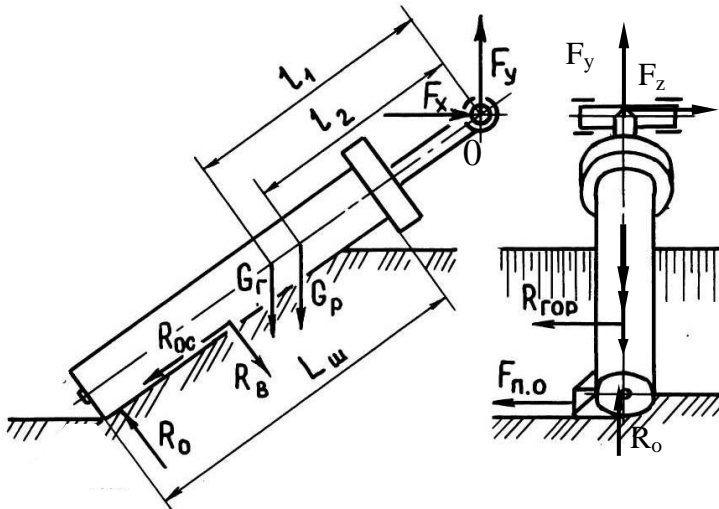


Рис. 8.23. Схема сил, действующих на шнековый рабочий орган.

9. ОСНОВЫ ТЕОРИИ И РАСЧЕТА МАШИН ДЛЯ СКАШИВАНИЯ И УДАЛЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ИЗ КАНАЛОВ

9.1. Кинематика и расчет параметров сегментно-пальцевых и сегментных режущих аппаратов

Теоретическая расчетная схема сегментно-пальцевого аппарата приведена на рис. 9.1. Здесь B_3 – конструктивная ширина захвата; $h_{\text{н}}$ – теоретическая высота ножа; $S_{\text{н}}$ – шаг ножей; $S_{\text{п}}$ – шаг пальцев; $S_{\text{х}}$ – величина хода ножей; $v_{\text{н}}$ – средняя скорость ножей, измеряемая вдоль режущего бруса; $v_{\text{п}}$ – скорость рабочего передвижения косилки.

У аппаратов данного типа для перерезания стебля растительности необходимо, чтобы он был защемлен между режущей кромкой сегмента и пальцем. На остальном пути перемещения сегмента идет пригибание растений без их срезания. Поэтому при постоянной $v_{\text{п}}$ чем выше значение $v_{\text{н}}$, тем меньше высота среза. При постоянной частоте ходов сегментов $v_{\text{п}}$ тем выше, чем больше величина $S_{\text{х}}$. По соотношению $S_{\text{п}}$,

$S_{\text{п}}$ и $S_{\text{х}}$ режущие сегментно-пальцевые аппараты делятся на аппараты нормального, низкого, среднего резания и аппараты с двойным проходом (ходом). У аппаратов нормального резания $S_{\text{п}} = S_{\text{п}} = S_{\text{х}}$, низкого – $S_{\text{п}} = 2 S_{\text{п}} = S_{\text{х}}$, среднего – $S_{\text{п}} = (3/2 \text{ или } 4/3) S_{\text{п}} = S_{\text{х}}$, с двойным проходом – $S_{\text{х}} = 2 S_{\text{п}} = 2 S_{\text{п}}$. Для каналоокашивающих косилок обычно применяются режущие аппараты нормального резания, со стандартными значениями – $S_{\text{п}} = S_{\text{п}} = S_{\text{х}} = 76,2$ или 90 мм.

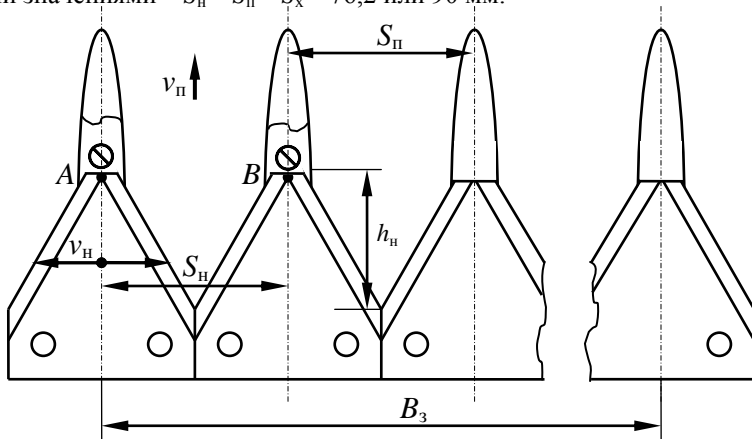


Рис. 9.1. Теоретическая схема сегментно-пальцевого режущего аппарата.

Основные схемы привода сегментных режущих аппаратов показаны на рис. 9.2.

Для того чтобы не было пропусков стеблей без их срезания, за время перемещения косилки на $h_{\text{н}}$ точка A (вершина ножа) должна переместиться в точку B и вернуться в исходное положение, т.е. нож аппарата нормального резания должен пройти путь $2 S_{\text{х}}$. Приравняв время перемещения косилки на расстояние $h_{\text{н}}$ и время перемещения ножа на величину $2 S_{\text{х}}$, можно получить уравнение, кинематически связывающее основные параметры режущего аппарата,

$$h_{\text{н}} / v_{\text{п}} = 2 S_{\text{х}} / v_{\text{н}}, \quad (9.1)$$

которое можно использовать для расчета параметров косилки.

Сегменты совершают возвратно-поступательное движение, поэтому их скорость $v_{\text{с}}$ непостоянна и для схемы привода с кривошипом $v_{\text{с}}$ изменяется по закону

$$v_{\text{с}} = r_{\text{кр}} \sin(\omega t), \quad (9.2)$$

где $r_{\text{кр}}$ – радиус кривошипа привода режущего аппарата;

ω – угловая скорость кривошипа;

t – время от начала поворота кривошипа.

Тогда *максимальную скорость сегментов* v_{\max} можно определить по формуле

$$v_{\max} = r_{\text{кр}}\omega. \quad (9.3)$$

Обычно значение v_{\max} находится в пределах 2,5...4 м/с. Меньшие значения соответствуют грубостебельной растительности.

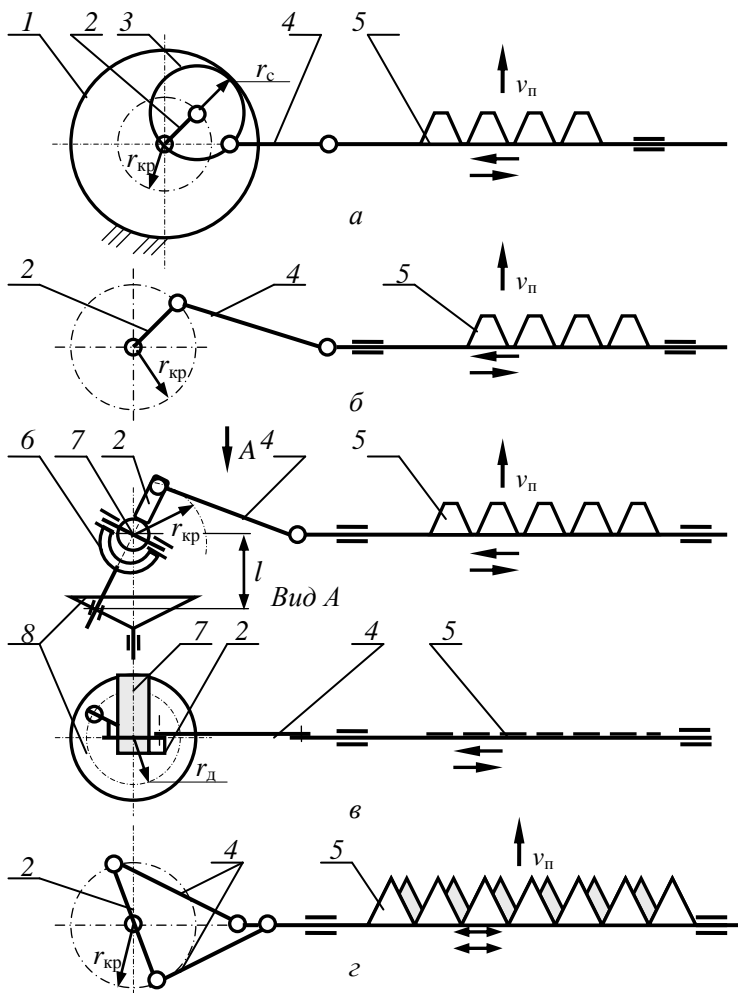


Рис. 9.2. Кинематическая схема сегментных режущих аппаратов: а – сегментного с планетарным приводом; б – сегментного с кривошипным приводом;

в – сегментного с вилкой и кривошипом; г – сегментного двухножевого с кривошипным приводом.

При необходимости *среднюю скорость* ножей можно принять из интервала 1,9...2,6 м/с. Меньшее значение принимается для жесткой растительности, большее – для мягкостебельных трав.

В уравнение (9.1) входит значение средней скорости, которое рассчитывается по формуле

$$v_n = S_x n, \quad (9.4)$$

где n – частота вращения кривошипа.

Частоту вращения кривошипа определяют из формулы расчета его окружной скорости, равной v_{\max} :

$$v_{\max} = 2 r_{\text{кр}} \pi n, \quad (9.5)$$

$$n = v_{\max} / (2 \pi r_{\text{кр}}). \quad (9.6)$$

Впоследствии по частоте кривошипа и потребной мощности выполняется проектирование привода режущего аппарата.

Для схемы привода, изображенной на рис. 9.2,в, максимальную скорость перемещения сегментов вычисляют по формуле расчета его окружной скорости, равной v_{\max} :

$$v_{\max} = 2 r_d \pi n / r_{\text{кр}}. \quad (9.7)$$

Тогда частоту вращения вала привода диска δ рассчитывают по формуле

$$n = v_{\max} r_{\text{кр}} / (2 \pi l r_d). \quad (9.8)$$

Конструктивной шириной захвата косилки обычно задаются, основываясь на ожидаемой ширине откоса обслуживаемого канала. Если при этом задаётся базовая машина, то, ориентируясь на её скорость по технической характеристике и принимая её в диапазоне 1,3...2,3 м/с, можно рассчитать *техническую производительность*

$$P_t = v_n B_3. \quad (9.9)$$

При заданной P_t и принятой B_3 формула (9.7) может быть использована для определения *скорости рабочего передвижения* v_n .

Для сегментного аппарата с верхним и нижним движущимися ножами (рис. 9.3) скорость их относительного перемещения удваивается, поэтому выражение (9.1) приобретает следующий вид:

$$h_n / v_n = S_x / v_n. \quad (9.10)$$

Практически это обычно ведет к тому, что сегментные двухножевые аппараты обеспечивают большую производительность, и скорость рабочего передвижения косилок с такими аппаратами составляет 3,0...4,3 м/с.

При расчете параметров режущих аппаратов, кроме кинематических соотношений, следует учитывать *условие невыталкивания (защемления) стебля* режущими кромками. Экспериментально установлено, что увеличение угла между смежными режущими кромками сегмента и противорежущей пластины ведет к снижению усилия срезания

растительности. Однако при значительном увеличении угла может произойти выскальзывание срезаемого стебля. Схематически момент защемления стебля показан на рис. 9.4. Угол между режущими кромками называется *углом их раствора* α_p . Для аппарата с режущими кромками с одинаковыми коэффициентами трения (обе кромки гладкие или обе с насечками) и при условии отсутствия предварительного пригибания стебля одной из кромок силы $F_{ст}$ давления кромок на стебель равны, тогда равны между собой и силы трения $F_{тр}$. Для этого случая силу F_b , выталкивающую стебель из раствора, можно определить следующим образом:

$$F_b = 2 F_{ст} \sin(\alpha_p / 2). \quad (9.11)$$

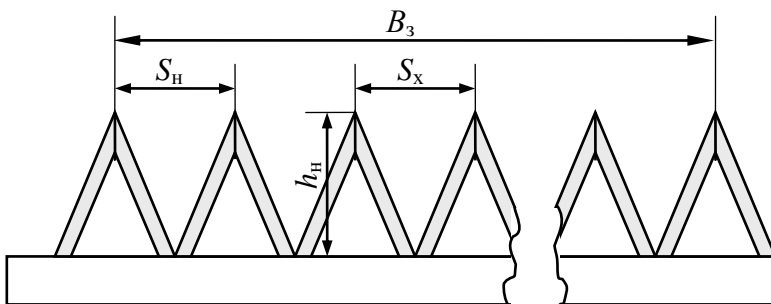


Рис. 9.3. Теоретическая схема сегментного режущего аппарата.

Удерживающая сила $F_{уд}$, обеспечиваемая силами трения, рассчитывается по формуле

$$F_{уд} = 2 F_{тр} \cos(\alpha_p / 2) = 2 F_{ст} \operatorname{tg} \varphi_{ст} \cos(\alpha_p / 2), \quad (9.12)$$

где $\varphi_{ст}$ – угол трения стебля о сталь. Обычно $\varphi_{ст} \geq 17^\circ$.

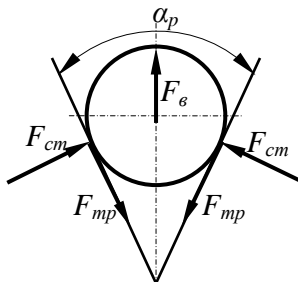


Рис. 9.4. Схема к расчету минимального угла раствора.

При условии равновесия стебля можно приравнять правые части выражений (9.11) и (9.12) и после некоторых упрощений получим

$$\sin(\alpha_p/2) = \operatorname{tg} \varphi_{\text{ст}} \cos(\alpha_p/2). \quad (9.13)$$

Разделив обе части уравнения (9.13) на $\cos(\alpha_p/2)$, легко получить следующее условие невыталкивания стебля:

$$\alpha_p \leq 2 \varphi_{\text{ст}}. \quad (9.14)$$

Исходя из этого и с учетом того, что $\alpha_p = \alpha_c + \alpha_n$ (рис. 9.5), принимают для аппаратов с гладкими режущими кромками $\alpha_c = 28^\circ 40'$ или 29° , $\alpha_n = 1,5 \dots 10^\circ$, для аппаратов с насечкой $\alpha_c = 21^\circ$, для мелиоративных косилок $\alpha_c = 24 \dots 31^\circ$.

Угол заострения режущей кромки сегмента γ_c , как правило, равен 19° , иногда 22 или 23° .

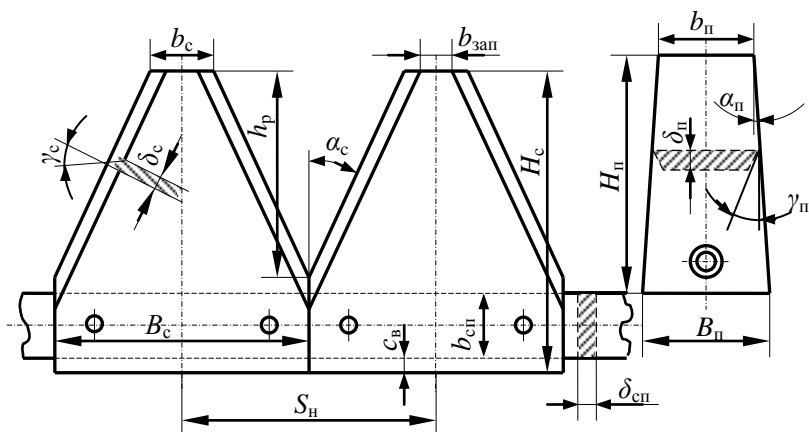


Рис. 9.5. Схема к расчету параметров сегментно-пальцевого режущего аппарата.

Толщина сегмента δ_c составляет 2, при срезании грубой растительности – 3 мм, толщина противорежущей пластины δ_n равна толщине сегмента или на 1 мм больше.

Ширина основания сегмента B_c равна шагу. Ширина передней торцевой кромки b_c у большинства косилок составляет 16 мм.

В передней части сегмента у сегментно-пальцевых аппаратов может оставаться запас $b_{\text{зап}}$ до 5 мм на заточку ножей.

При проектировании сегмента следует обеспечить условие $h_n > h_p$, где h_n – высота определенная, исходя из кинематических требований, а h_p – высота рабочей части ножа, полученная на основе компоновки с соблюдением рекомендуемых и принимаемых размеров.

Обычно h_p для обеспечения полного срезания растений принимается в 1,3...1,5 раза больше, чем это требуется по кинематическим соображениям, описываемым уравнениями (9.1) и (9.8). Большим скоростям рабочего передвижения соответствуют большие значения h_p .

Общая высота сегмента H_c определяется следующим образом:

$$H_c = h_p + b_{сп} + 2 c_b, \quad (9.15)$$

где $b_{сп}$ – ширина спинки, равна 20...25 мм;

c_b – ширина выступающей за спинку части сегмента, приблизительно равная 5 мм.

Обычно общая высота стандартного сегмента шириной 76,2 мм составляет 75 или 80 мм.

Толщина спинки $\delta_{сп}$ предварительно может быть принята в пределах 4...6 мм.

Ширина передней части противорежущей пластины $b_n = 16...22$ мм, но больше или равна b_c , задней $B_n = 24...37$ мм, высота пластины H_n принимается на 4...5 мм больше h_p .

У противорежущей пластины пальца $\gamma_n = 45$ или 60, иногда 90° и, как было указано выше, $\alpha_n = 1,5...10^\circ$.

Частоту вращения n_k кривошипа вала привода спинки в c^{-1} можно определить по формуле (9.5) или по следующей формуле:

$$n_k = v_n / 2 S_x. \quad (9.16)$$

Беспальцевые сегментные аппараты рассчитываются таким же образом, но вершина сегмента обычно принимается острой.

Массу рабочего органа косилок ориентировочно можно рассчитать по зависимости

$$M_{p.o.} = (40 + 10 v_n) B_3, \text{ кг.} \quad (9.17)$$

Здесь v_n подставляется в м/с, B_3 – в м.

Силу тяжести аппарата можно определить, зная его массу.

9.2. Расчет параметров рабочих органов косилок с роторными режущими аппаратами

Режущие аппараты бывают одно-, двух-, трех- и многороторными. Они обычно работают по принципу бесподпорного резания, используя для срезания растения его упругость и инерцию покоя. В связи с этим *скорость резания (окружная скорость $v_{окр}$)* должна быть достаточно высокой, превышающей для однороторных 30, для многороторных – 40, для косилок, предназначенных для срезания мягкостебельной травянистой растительности, составлять 60...95 м/с.

Скорость передвижения косилки v_n при заданной производительности Π_T и ширине захвата B_3 определяется по формуле

$$v_n = \Pi_T / B_3 \quad (9.18)$$

или предварительно принимается в предпочтительных пределах 1,4...2,5 м/с, а при скашивании низкоурожайной мягкостебельной растительности – до 4 м/с. При срезании растительности под водой окружная скорость должна составлять 0,8...0,9, для однороторных косилок – 0,8...1,2 м/с.

Для однороторной косилки $B_3 = D_p$ (рис. 9.6). Обычно значение $D_p = 1,2...1,8$ м, где D_p – диаметр ротора по концам ножей.

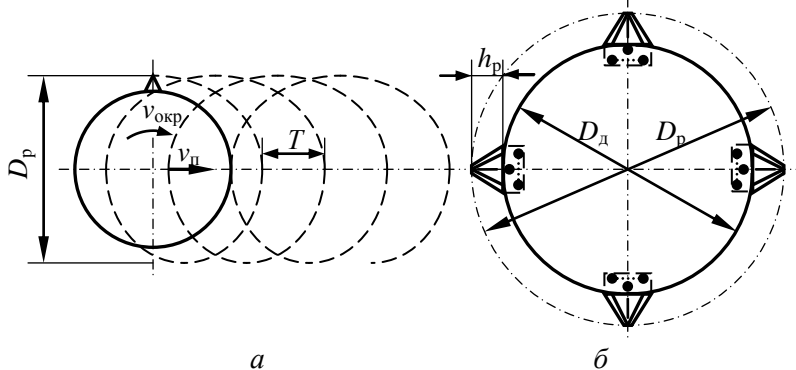


Рис. 9.6. Схема к расчету параметров однороторной косилки:
а – траектория конца ножа ротора; б – параметры однороторной косилки.

Траекторией конца ножа ротора (рис. 9.6,а) является трохоида (эпициклоида). *Шаг трохоиды* – подача на оборот T

$$T = v_n t_{об} = v_n / n_{об}, \quad (9.19)$$

где $t_{об}$ – время оборота;

$n_{об}$ – частота вращения ротора.

Подача на нож

$$C = T / z_n = \pi D_p v_n / v_{окр} z_n, \quad (9.20)$$

где z_n – число ножей.

Высота режущей части ножей h_p (рис. 9.6,б) должна удовлетворять условию $h_p \geq C$, принимается примерно равной 1,25 C .

Для однороторного рабочего органа обычно применяются жёсткие сегментные ножи. При назначении стандартного ножа шириной обычно 90 или иногда 76,2 мм с известной h_p при угле $\alpha_c = 24...31^\circ$ и $D_p = B_3$, уравнение решается относительно z_n .

$$z_n \geq \pi \Pi_T / v_{окр} h_p. \quad (9.21)$$

Диаметр диска $D_д = D_p - 2 h_p$. Для ручных косилок $D_p = 0,2...0,3$ м.

Однороторные косилки производства Лидсельмаш типа Л-502 оснащены четырьмя шарнирными прямоугольными ножами.

Двухроторные косилки (рис. 9.7) обычно приводятся в действие двумя гидромоторами или, иногда, двумя ременными передачами. При этом роторы могут вращаться с неодинаковыми скоростями. В таком случае во избежание столкновения ножей окружности траекторий концов ножей не должны соприкасаться или тем более накладываться друг на друга. Но для предотвращения возможных случаев пропущенных растений из-за появления зон, неохватываемых ножами роторов, полосы, захватываемые роторами, частично перекрывают друг друга. Это достигается отклонением прямой, соединяющей центры роторов, от перпендикуляра к направлению движения под углом θ .

Роторы имеют встречное вращение, поэтому отклонение рабочего органа обеспечивает отбрасывание срезанной растительности ближе к берме.

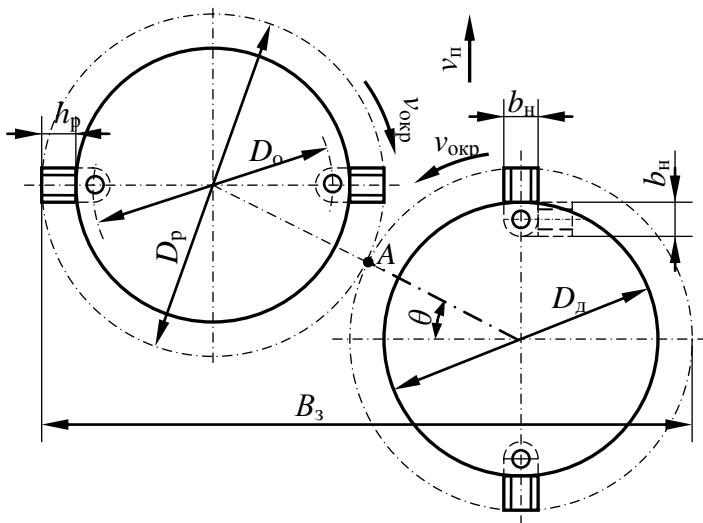


Рис. 9.7. Схема к расчету параметров двухроторной косилки.

Для уменьшения массы рабочего органа косилки вместо дисков могут использоваться фланцы с консолями. Схема такого рабочего органа приведена на рис. 9.8. В этом случае диаметр привода $D_{пр}$ и его фланца $D_{фл}$ определяются конструктивно, остальные параметры – так же, как и для предыдущей конструктивной схемы.

Условие несоприкосновения концов ножей может быть записано в следующем виде:

$$B_3 \geq D_p + D_p \cos \theta. \quad (9.22)$$

Отсюда

$$D_p \leq B_3 / (1 + \cos \theta). \quad (9.23)$$

Ширина захвата может быть указана в задании на проектирование, определена в соответствии с шириной окашиваемого откоса или рассчитана, если задана техническая производительность и принята или обоснована скорость рабочего передвижения из формулы (9.18). При известной ширине захвата и с учетом того, что значение θ находится в пределах $15 \dots 30^\circ$, выражение (9.18) можно использовать для получения зависимости *предварительного выбора диаметра ротора* по концам ножей. Для указанного диапазона θ она имеет такой вид:

$$D_p = (0,51 \dots 0,54) B_3. \quad (9.24)$$

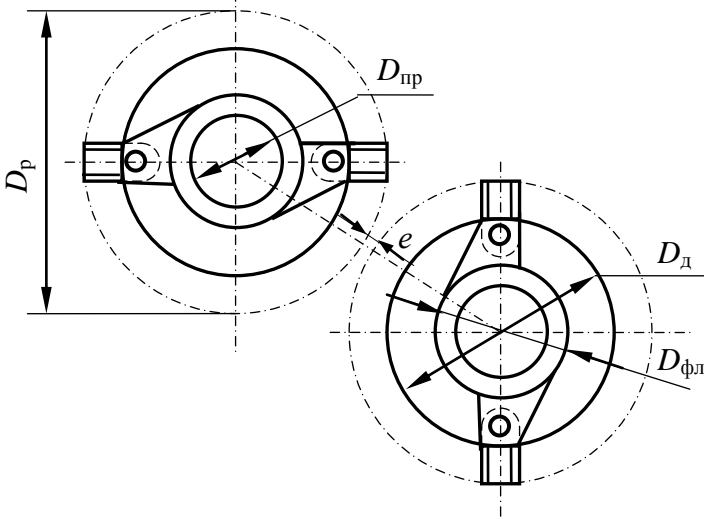


Рис. 9.8. Схема двухроторной косилки с облегченными дисками (консолями).

Роторы обычно снабжаются двумя шарнирно закрепленными ножами. Подача на нож рассчитывается по формуле (9.13).

Траектория ножей описывает циклоиду, которую упрощённо можно заменить окружностями с центрами, смещёнными на C (рис. 9.9). Эта схема используется для определения необходимой *величины перекрытия* l_n роторов. На рис. 9.9 штриховкой обозначена зона, в которой возможен пропуск несрезанных растений. Второй ротор, движущийся параллельно, оставляет такую же зону. Следовательно, минимальная величина перекрытия должна быть равна $2l$.

Тогда легко получить следующую формулу для расчета l_n :

$$l_{\Pi} = D_p - \sqrt{D_p^2 - C^2}, \quad (9.25)$$

На основании рис. 9.10 можно получить формулу для расчета необходимого *минимального* угла θ

$$\theta = \arccos[(D_p - l_{\Pi} - e) / (D_p + e)] \quad (9.26)$$

или

$$\theta = \arccos[(B_3 - D_p) / (D_p + e)], \quad (9.27)$$

где e – минимально допустимое расстояние между траекториями концов ножей, равное 10...20 мм.

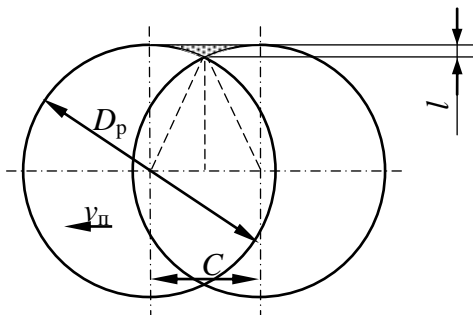


Рис. 9.9. Схема к определению необходимой величины перекрытия.

Получив выражение для расчета минимальной величины θ и приняв e , можно из формулы (9.27) вывести следующую формулу для уточненного расчета D_p :

$$D_p = (B_3 - e \cos\theta) / (1 + \cos\theta). \quad (9.28)$$

Здесь θ должно быть больше или равно значению, рассчитанному по формуле (9.26) или (9.27), но при этом находиться в диапазоне 15...30°.

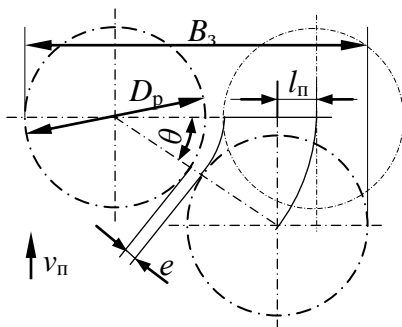


Рис. 9.10. Схема к определению необходимого угла отклонения рабочего органа.

Рассчитанные и принятые значения D_p , l_n и θ должны обеспечивать требуемое значение B_3 и расстояние между траекториями концов ножей 10...22 мм.

Ножи двух- и многороторных косилок обычно имеют форму, показанную на рис. 9.11.

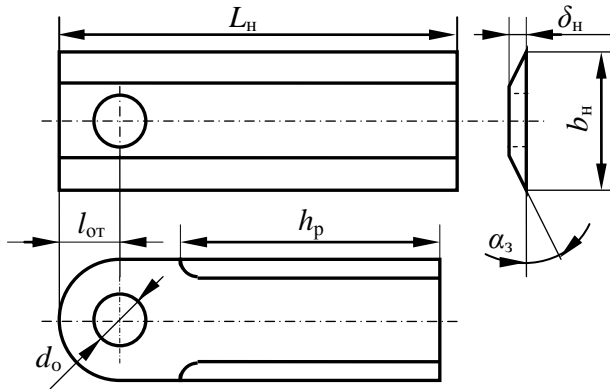


Рис. 9.11. Ножи роторной косилки.

Обычно общая длина ножа L_n составляет 120...145 мм, ширина ножа b_n – 45...65 мм, длина режущей части $h_p \geq C$, диаметр отверстия оси d_o – 15...22 мм, толщина ножа δ_n – 4,5...6,0 мм. Меньшие значения принимают для многороторных косилок.

Кинематически длина режущей части должна определяться из условия $h_p \geq C$, однако с учетом того, что при взаимодействии со срезаемой растительностью нож отклоняется назад от радиального положения, длину режущей части следует принимать по условию $h_p \geq 1,25C$.

Угол заострения α_3 ножа принимается 25...32°. Координата центра отверстия $l_{от}$ оси определяется прочностным расчетом, но предварительно может быть принята равной d_o .

Диаметр диска (корпуса) D_d (см. рис. 9.6) принимается по формуле

$$D_d \leq D_p - 2 h_p. \quad (9.29)$$

При ударе ножа о неперерезаемый стебель нож отклоняется и уходит под корпус, поэтому диаметр окружности установки осей ножей D_o принимается по следующей рекомендации:

$$D_o \leq D_d - b_n. \quad (9.30)$$

Толщина диска или консоли в зоне установки осей ножей принимается 6...8 мм.

Двухроторные косилки производства Лидсельмаш типа Л-501 оснащаются четырьмя ножами. Перекрытие роторов обеспечивается их наложением друг на друга при установке дисков на разной высоте. Окружная скорость ножей – около 100 м/с.

Трехроторные рассчитываются аналогично, но у них $\theta = 8 \dots 10^\circ$, и в соответствии с числом роторов меняется формула расчета D_p

$$D_p \leq (B_3 - 2e \cos \theta) / (1 + 2 \cos \theta). \quad (9.31)$$

Известны также трехроторные косилки, устанавливаемые перпендикулярно к направлению рабочего передвижения ($\theta = 0$). В этом случае расчет производится так, как и для описанных ниже многороторных косилок.

Многороторные косилки имеют режущий аппарат, установленный перпендикулярно к направлению рабочего перемещения. Исходной величиной при проектировании, как правило, является ширина захвата B_3 , предопределяемая размерами окашиваемого откоса или мощностью двигателя трактора. Во втором случае значение B_3 (рис. 9.12) можно определить следующим образом:

$$B_3 \leq P_{p.o} / P_{уд}, \quad (9.32)$$

где $P_{уд}$ – удельная мощность, приходящаяся на единицу ширины захвата, $P_{уд} = 8 \dots 14$ кВт/м.

Значение $P_{p.o}$ находят по рекомендации

$$P_{p.o} = P_{дв} / K_3, \quad (9.33)$$

где K_3 – коэффициент запаса мощности, равный 1,4...1,6.

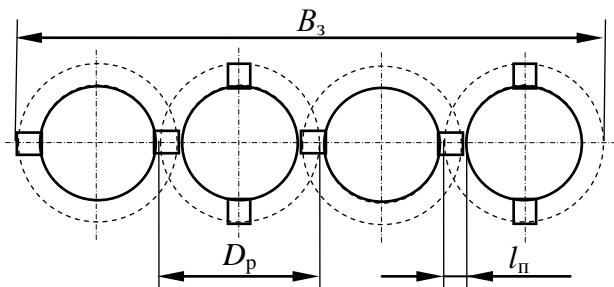


Рис. 9.12. Схема к расчету основных параметров многороторной косилки.

Далее принимается окружная скорость роторов по концам ножей в пределах 50...85 м/с. Меньшие значения принимаются для более жесткой растительности. Число роторов N_p при боковом приводе можно принять по рекомендации

$$N_p = B_3 / (0,45 \dots 0,65). \quad (9.34)$$

Обычно N_p чётное.

Ширину захвата согласно рис. 9.12 определяют следующим образом:

$$B_3 = D_p + (D_p - l_n)(N_p - 1). \quad (9.35)$$

Ориентировочно

$$l_n = (0,15 \dots 0,20) D_p. \quad (9.36)$$

У существующих многороторных косилок роторы обычно кинематически связаны зубчатыми колесами, поэтому опасности столкновения ножей нет, и требуемое перекрытие обеспечивается за счет некоторого взаимного *перекрытия траекторий концов ножей*. Из формулы (9.35) можно получить с учетом рекомендуемого значения l_n формулу для предварительного расчета D_p

$$D_p = B_3 / [N_p - (0,15 \dots 0,20)(N_p - 1)]. \quad (9.37)$$

Величина перекрытия должна быть такой, чтобы срезание растительности происходило до её встречи с передним краем корпуса редуктора режущего аппарата. Для расчёта l_n необходимо знать *ширину редуктора* B_p режущего аппарата. Расчет B_p выполним путём использования методов проектирования параметров редуктора с цилиндрической прямозубой передачей.

Зная N_p и $P_{p.o.}$, можно найти *мощность на привод одного ротора* P_1

$$P_1 = P_{p.o.} / N_p. \quad (9.38)$$

После этого несложно найти *момент T на валу ротора*. Величина момента необходима для определения межосевого расстояния зубчатых передач. При чётном количестве роторов и существующей у мелиоративных косилок схеме привода с передаточным отношением, равным единице, значение *расчётного момента* T_p на ведущем валу привода режущего аппарата можно найти по формуле

$$T_p = N_p T [1 / (\eta_n \eta_3)^{3N_p} + 1 / (\eta_n \eta_3)^{3(N_p - 1)} + \dots + 1 / (\eta_n \eta_3)^{3(N_p - N_p)}], \quad (9.39)$$

где η_n – к.п.д. подшипниковой опоры, приблизительно равный 0,99;

η_3 – к.п.д. зубчатого зацепления, приблизительно равный 0,95.

Прочностной расчет редуктора следует вести по наиболее нагруженной паре зубчатых колес, которой является первая от привода. Поэтому приближенно T_p рассчитывается по формуле

$$T_p = P_{p.o.} / \omega, \quad (9.40)$$

где ω – угловая скорость ротора, соответствующая $v_{окр.}$

По рекомендациям по проектированию зубчатых передач из условия обеспечения прочности определяем межосевое расстояние a_w .

При передаточном отношении, равном единице, коэффициенте ширины венца 0,16, прямозубых колесах, седьмом классе точности изготовления колес, для подвергнутой требуемой термообработке стали 18ХГТ, 45Х или 20ХН минимально необходимое *межосевое расстояние* передачи можно предварительно рассчитать по формуле

$$a_w \approx 35 \sqrt[3]{T_p}, \text{ мм.} \quad (9.41)$$

В формулу (9.41) T_p необходимо подставлять в Нм.

Значение модуля m предварительно можно принять 2,5...4 мм.

Необходимо, чтобы выполнялось условие $a_w \leq a$, где a – межосевое расстояние, определенное по условиям компоновки привода. Величину a согласно рис. 9.13 можно предварительно рассчитать по формуле

$$a = (B_3 - D_p) / [3 (N_p - 1)]. \quad (9.42)$$

При зубчатых колесах с одинаковыми делительными диаметрами d_d следует уточнить a с учетом того, что

$$a = d_d = m z_3. \quad (9.43)$$

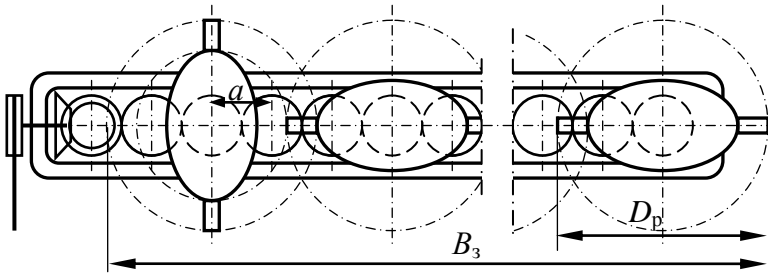


Рис. 9.13. Схема к расчету основных параметров многороторной косилки.

Формулу (9.43) целесообразно решить относительно числа зубьев z_3 . Желательно получить a , соответствующее стандартному межосевому расстоянию цилиндрической зубчатой передачи.

Согласно рис. 9.14, на котором показан поперечный разрез корпуса редуктора, ширину корпуса можно найти следующим образом:

$$B_p = d_d + 2 (m + e_k + f + b), \quad (9.44)$$

где e_k – зазор между зубчатым колесом и картером, равный 8...10 мм;

f – толщина стенки картера;

b – ширина пояса картера, равная 25...35 мм.

Величина f определяется по формуле

$$f = 1,12 \sqrt[4]{T_p}, \text{ мм.} \quad (9.45)$$

Обычно $f = 3...5$ мм.

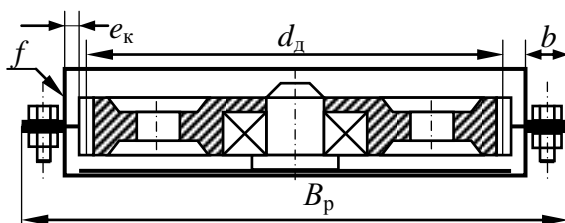


Рис. 9.14. Схема поперечного сечения редуктора многороторной косилки.

Условие несприкосновения стеблей несрезанных растений и корпуса режущего аппарата является выступание точки A (рис. 9.15) за край корпуса на величину, не меньшую подачи на нож C .

Тогда необходимая величина перекрытия определяется по формуле

$$l_n = D_p - \sqrt{D_p^2 - 4(B_p/2 + C)^2}. \quad (9.46)$$

После расчета l_n следует уточнить D_p по формуле

$$D_p \geq [B_3 + (N_p - 1) l_n] / N_p. \quad (9.47)$$

Кроме того, при круглых дисках должно выполняться следующее условие: $l_n < 2 h_p$.

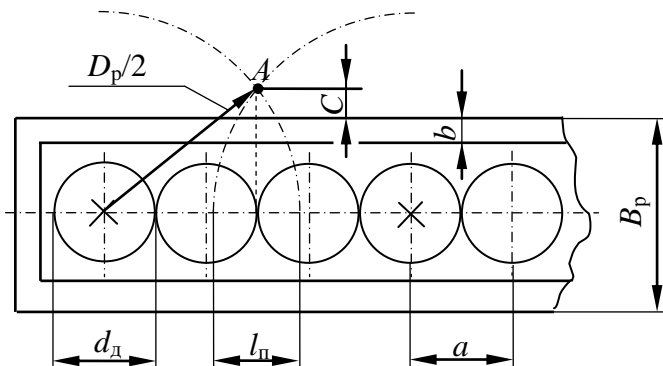


Рис. 9.15. Схема к расчету необходимой величины перекрытия.

Размеры диска и ножей (рис. 9.16) определяются в соответствии с вышеприведенными рекомендациями для расчета параметров двухроторных косилок.



Рис. 9.16. Схема к расчету параметров ротора многороторной косилки.

При проектировании эллипсных дисков большая ось эллипса D_d рассчитывается по формуле (9.29), величина малой оси D_m должна обеспечивать несоприкосновение конца ножа и диска. В соответствии с рис. 9.17 это условие можно записать следующим образом:

$$D_p - l_{\text{п}} \geq (D_m + D_p) / 2. \quad (9.48)$$

Отсюда

$$D_m \leq D_p - 2 l_{\text{п}}. \quad (9.49)$$

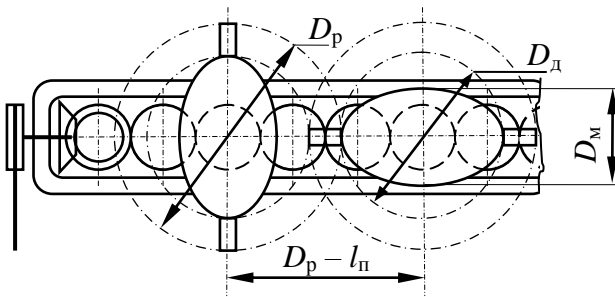


Рис. 9.17. Схема к расчету малой оси эллипсного диска многороторной косилки.

Достаточно широкое распространение имеют косилки и режущие аппараты фирм «Claas» и «Krone», у которых роторы вынесены вперед по отношению к редуктору. Расчетная схема данного типа косилок приведена на рис. 9.18. В данном случае рассматривается режущий аппарат, имеющий четыре ротора, вращающиеся попарно встречно.

Ширина захвата, диаметр роторов и величина перекрытия связаны уравнением (9.35).

Предварительно величину перекрытия можно принять равной $0,1D_p$. Тогда из уравнения (9.35) получим следующую формулу:

$$B_3 = D_p + (D_p - 0,1 D_p)(N_p - 1) = D_p [1 + 0,9(N_p - 1)]. \quad (9.50)$$

Отсюда следует, что ориентировочно диаметр ротора рассчитывается по зависимости

$$D_p = B_3 / [1 + 0,9(N_p - 1)]. \quad (9.51)$$

Далее по вышеприведенным рекомендациям рассчитываются или принимаются скорость рабочего передвижения и окружная скорость, затем по формуле (9.13) вычисляется подача на нож. Число ножей обычно равно двум.

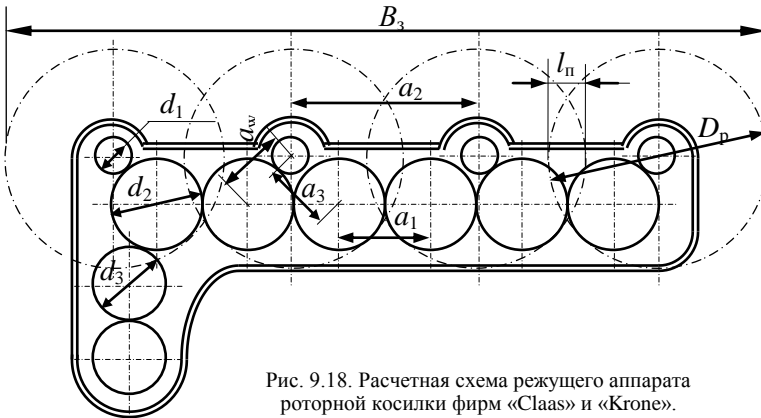


Рис. 9.18. Расчетная схема режущего аппарата роторной косилки фирм «Claas» и «Krone».

По формуле (9.18) определяется минимальное значение величины перекрытия. Оно должно быть меньше принятого ранее.

Согласно расчетной схеме (см. рис. 9.16)

$$B_3 = D_p + a_2(N_p - 1), \quad (9.52)$$

следовательно, расстояние между центрами валов роторов a_2 можно определить следующим образом:

$$a_2 = (B_3 - D_p) / (N_p - 1). \quad (9.53)$$

Из расчетной схемы следует, что $a_2 \approx 2 a_1$, где a_1 есть межосевое расстояние. По определению $a_1 = d_2$, тогда предварительно можно принимать

$$a_1 \approx a_2 / 2 \approx d_2. \quad (9.54)$$

Полученное значение межосевого расстояния a_1 должно быть кратным стандартному модулю ($m = 3 \dots 4$ мм) зубчатой цилиндрической

передачи. Если значение a_1 получилось близким к одному из стандартных значений межосевых расстояний, то желательно принять стандартное. После уточнения a_1 корректируется a_2 и уточняется l_n по формуле

$$l_n = D_p - a_2. \quad (9.55)$$

У косилок фирм «Claas» и «Krone» $m = 3$ мм, $z_1 = 66$, $z_2 = 21$. Толщина колес – 20 мм.

Величина передаточного отношения u_1 для первой приводной ступени предварительно может быть принята стандартной из значений 1,0; 1,12; 1,25. При этом значение d_3 должно быть таким, чтобы ножи первого ротора не задевали привод режущего аппарата.

Значение *делительного диаметра* d_2 в соответствии с рис. 9.16 должно быть равно a_1 . Для определения величины *делительного диаметра* d_1 и соответственно *межосевого расстояния* a_w необходимо назначить *передаточное отношение* u_2 ступени привода ротора. Оно может быть 3...3,5 (в расчетах следует учитывать, что передача ускоряющая).

Определение d_1 производится по формуле

$$d_1 = d_2 / u_2. \quad (9.56)$$

Тогда расчет межосевого расстояния выполняется по формуле

$$a_w = (d_1 + d_2) / 2. \quad (9.57)$$

Назначенные *числа зубьев* колес z_1 и z_2 должны удовлетворять условию

$$a_w = m (z_1 + z_2) / 2. \quad (9.58)$$

При выборе параметров привода следует добиваться, чтобы зубья неконтактирующих колес не задевали друг друга, т.е. величина a_3 должна удовлетворять условию

$$a_3 \geq 0,5(d_1 + d_2) + 2m. \quad (9.59)$$

После расчета a_w по кинематическим соображениям его необходимо проверить прочностным расчетом по известным методикам. Для минимизации габаритов и массы режущего аппарата следует стремиться к назначению минимальной величины a_w и толщины редуктора.

При определении a_w по условиям прочности требуется значение *расчетного момента*. Его можно найти, используя формулу

$$T_p = P_{p.o} \eta / \omega_2, \quad (9.60)$$

где η – к.п.д. первой ступени редуктора режущего аппарата;

ω_2 – угловая скорость промежуточных колес.

Значение ω_2 рассчитывается по формуле

$$\omega_2 = \omega_1 u_2, \quad (9.61)$$

где ω_1 – угловая скорость ротора косилки.

В уравнении (9.61) значение передаточного отношения может быть меньше единицы.

Угловая скорость ротора определяется по формуле

$$\omega_1 = 2 v_{\text{окр}} / D_p. \quad (9.62)$$

Принятые и рассчитанные параметры, помимо прочего, должны обеспечивать окружную и угловую скорости ротора косилки, близкими к принятым. Для проверки этого следует рассчитать требуемое передаточное отношение $u_{\text{тр}}$ и сравнить его с фактическим $u_{\text{ф}}$.

Фактическое передаточное отношение можно рассчитать следующим образом:

$$u_{\text{ф}} = (d_2 / d_1)(d_3 / d_2). \quad (9.63)$$

Требуемое передаточное отношение зависит от угловой скорости первичного (входного) вала редуктора, которая равна номинальной угловой скорости гидромотора ω_n или определяется угловой скоростью вала отбора мощности при приводе от него. *Требуемое передаточное отношение* определяется по формуле

$$u_{\text{тр}} = \omega_1 / \omega_n. \quad (9.64)$$

Если $u_{\text{тр}}$ отличается от $u_{\text{ф}}$ более чем на 5 %, то следует изменить d_1 или d_3 .

9.3. Расчет мощности на привод режущего аппарата и сил, действующих на него

У режущих аппаратов косилок мощность расходуется на преодоление сил инерции частей аппарата, срезание растительности, разгон растительности, трение о срезанную растительность, трение о грунт, сопротивление воздуха, трение в режущем аппарате.

У относительно легких аппаратов (сегментных, сегментно-пальцевых и многороторных) мощность на их перемещение невелика по причине небольшой массы рабочего оборудования.

Для однороторных *массу рабочего оборудования* без противовесов можно ориентировочно определить по зависимости

$$m_{\text{р.о}} = (330 \dots 390) B_3; \quad (9.65)$$

для двухроторных

$$m_{\text{р.о}} = (237 \dots 410) B_3; \quad (9.66)$$

для многороторных

$$m_{\text{р.о}} = (220 \dots 250) B_3. \quad (9.67)$$

Расчет *мощности на привод рабочего органа* приближенно рассчитывается по формуле

$$P_{\text{р.о}} = P_{\text{уд}} B_3, \quad (9.68)$$

где $P_{\text{уд}}$ – удельная мощность, кВт/м.

Для сегментных и сегментно-пальцевых $P_{\text{уд}} = 1,5 \dots 3,5$, для ротационных $P_{\text{уд}} = 8,0 \dots 14,0$ кВт/м.

При тяговом и статическом расчетах косилок с сегментно-пальцевым и сегментным режущим аппаратом внешними силами, возникающими в результате взаимодействия аппарата со срезаемой раститель-

ностью, можно пренебречь частично из-за того, что они невелики или взаимно уравновешены, а силы срезания стеблей при их зацеплении между режущими кромками являются внутренними. У многороторных четным количеством роторов за счет встречного вращения силы резания также уравновешиваются. Поэтому основными учитываемыми силами являются силы тяжести и *сила трения* режущего аппарата о грунт, направленная в сторону, противоположную рабочему перемещению, и рассчитываемая по формуле

$$F_{\text{тр}} = f_1 G_{\text{р.а}} \cos \lambda, \quad (9.69)$$

где $G_{\text{р.а}}$ – сила тяжести режущего аппарата.

Местом приложения этой силы можно считать середину ширины захвата режущего аппарата. Если режущий аппарат связан с рукоятью или стрелой рабочего органа без промежуточного звена формулу (9.69) следует скорректировать с учетом того, что часть силы тяжести рукояти и стрелы воспринимается опорной поверхностью режущего аппарата, а также сместить место приложения силы трения.

Однороторные косилки с полунавесной схемой агрегатирования опираются на землю на одну или две лыжи (рис. 9.19).

Окружная сила резания $F_{\text{окр}}$ действует параллельно откосу поперёк направления рабочего передвижения. Её направление зависит от направления вращения ротора и может быть противоположным, указанному на рис. 9.19.

Значение силы $F_{\text{окр}}$ рассчитывается по формуле

$$F_{\text{окр}} = P_{\text{р.о}} / v_{\text{окр}}. \quad (9.70)$$

Сила трения лыжи о грунт определяется по формуле

$$F_{\text{тр}} = f_1 R_1, \quad (9.71)$$

где R_1 – реакция грунта на лыжу, определяемая обычно из суммы моментов сил относительно присоединительного шарнира O .

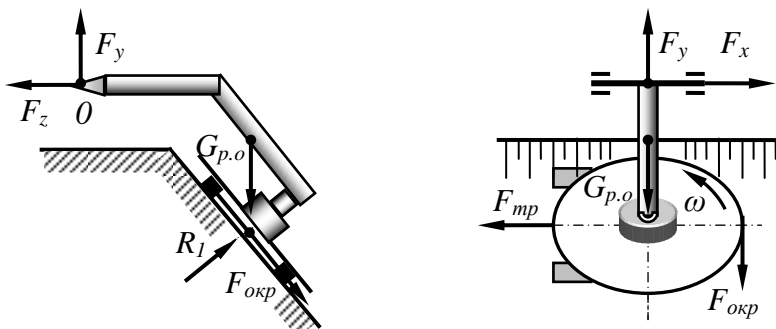


Рис. 9.19. Схема сил, действующих на однороторный рабочий орган.

После расчета перечисленных сил определяются реакции в присоединительном шарнире.

У трёхроторного рабочего аппарата обычно окружные силы на двух роторах взаимно уравновешиваются и учитывается только $F_{окр}$, приложенная к одному ротору. Её значение можно определить по формуле

$$F_{окр} = P_{p.o} / 3 v_{окр}. \quad (9.72)$$

Расчет $F_{тр}$ выполняется, как и для многороторной.

10. ОСНОВЫ ТЕОРИИ И РАСЧЕТА РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ДРЕНОПРОМЫВОЧНЫХ МАШИН

10.1. Расчет основных параметров

Расчётная схема к определению основных параметров реактивной головки и шланга дренапромывочной машины приведена на рис. 10.1.

Наиболее тяжелыми условиями для промывки являются такие, когда поперечное сечение дрена полностью заилено и движение воды в дрене отсутствует. В таком случае расход воды через сопла головки Q_r можно определить из условия обеспечения необходимой скорости течения воды в зазоре между дренай и шлангом по формуле

$$Q_r = \pi (D_{др}^2 - D_{шл}^2) v_2 / 4, \quad (10.1)$$

где $D_{др}$ – внутренний диаметр дрена;

$D_{шл}$ – наружный диаметр шланга;

v_2 – скорость движения воды в зазоре между дренай и шлангом.

Значение $D_{др}$ обычно превышает 30 мм и указывается в задании на проектирование.

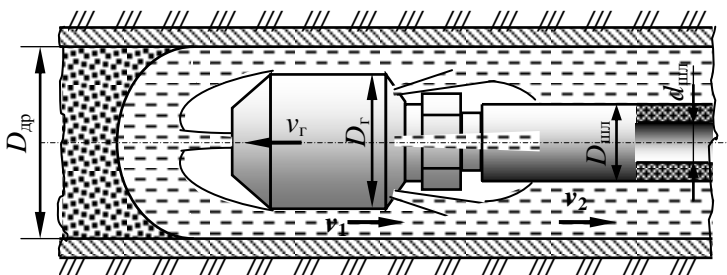


Рис. 10.1. Расчётная схема к определению параметров реактивной головки и шланга.

Шланги изготавливают из гладких полиэтиленовых или резиновых труб. Внутренний диаметр шланга $d_{шл}$ в мм можно определить по формуле

$$d_{шл} \approx 10 \sqrt{D_{др}}. \quad (10.2)$$

В формулу (10.2) $D_{др}$ подставляют в см.

Размер $d_{шл}$ желательно согласовывать со стандартным и принять толщину стенки $\delta_{ст}$ в мм, ориентируясь на зависимость

$$\delta_{ст} \approx \sqrt[3]{d_{шл}}, \quad (10.3)$$

что позволит получить или принять и необходимый размер $D_{шл}$. У известных машин $D_{шл}$ находится в пределах 16...40 мм. Увеличение $D_{шл}$ ведет к уменьшению зазора между дренажной головкой и шлангом и соответствующему увеличению скорости течения воды.

Скорость течения v_2 должна быть достаточной для уноса из дренажной системы размываемых струями воды отложений без их оседания в дренаже, т.е. без повторного ее заиливания. Завышенные скорости v_2 ведут к повышению энергоёмкости процесса очистки, поэтому скорость течения воды можно принимать в пределах 0,3...0,8 м/с. Меньшие значения принимаются для коллекторов и дренажей большого диаметра.

Формулу (10.1) можно использовать для расчета необходимого расхода $Q_г$ или необходимой подачи насоса $Q_н$.

Расход воды через сопла головки составляет 0,8...2,8 л/с при промывке дренажей и до 10,5 л/с – при промывке коллекторов и дренажей большого диаметра дренажных систем зоны орошения.

Расход воды через переднее сопло $Q_п$ составляет (0,06...0,12) $Q_г$.

Основные характеристики известных дренопромывочных машин приведены в табл. 10.1.

Основным геометрическим параметром дренопромывочной головки является её наружный диаметр D_r . Его значение можно определить исходя из того, что в зоне размывания наносов не должно создаваться избыточное статическое давление, препятствующее поступательному движению головки. Это условие будет выполнено, если скорость потока в щели между головкой и дренажной трубой v_1 не превысит скорость v_2 . При условии полного заиления дрены или ее заполнения отложениями и дренируемой водой, что в качестве расчетной модели можно также рассматривать дренажную трубу как полностью заиленную, значение v_1 рассчитывают следующим образом:

$$v_1 = (Q_{гр} + Q_n) / A_{щ}, \quad (10.4)$$

где $Q_{гр}$ – производительность дренопромывочной машины по грунту;

$A_{щ}$ – площадь поперечного сечения круговой щели между дренажной трубкой и головкой.

Значение $Q_{гр}$ при полностью заиленной дрене можно рассчитать по формуле

$$Q_{гр} = \pi D_{др}^2 v_r / 4, \quad (10.5)$$

где v_r – рабочая скорость продвижения головки вдоль дрены.

Предварительно v_r можно принять равной 0,1...0,2 м/с, а при принудительном проталкивании шланга по дрене – до 0,5 м/с.

Т а б л и ц а 10.1. Основные характеристики дренопромывочных машин

Марка машины	Рабочий напор, МПа	Подача насоса, л/мин	Внутренний диаметр шланга, мм	Длина промываемой дрены, м	Максимальный диаметр промываемых дрен, мм	Масса без трактора и цистерны, кг
Д-910	2	85	20 и 26	120	200	650
МР-18	2	85	20 и 26	150	200	650
ДП-10	10	120	25	200	500	2400 с цистерной
ПДТ-125	1,8	630	38	125	250	1050
АДПН-250	1		25,4	275	250	
УПД-120	5	120	17	300	250	730
Senior	6	125	27	300	–	660
S-S Engineering Type-Professional	3,5	140	27	300	300 и 600	500
S-S Engineering Type-MD	5	120	–	100	200	250
S-S Engineering	8	164	–	100, 150,	250	300

Type-MD80				200, 300	
-----------	--	--	--	----------	--

Очевидно, что $A_{ш}$ в формуле (10.4) рассчитывается как площадь кольца

$$A_{ш} = \pi (D_{др}^2 - D_r^2) / 4. \quad (10.6)$$

Учитывая необходимое соотношение скоростей v_1 и v_2 , а также формулы (10.1...10.6), можно записать:

$$4 (\pi D_{др}^2 v_r / 4 + Q_n) / \pi (D_{др}^2 - D_r^2) \leq v_2. \quad (10.7)$$

Отсюда

$$D_r \leq \sqrt{D_{др}^2 - 4(Q_{гр} + Q_n) / \pi v_2}, \quad (10.8)$$

Принимаемое значение D_r должно быть больше $D_{шл}$.

Головки, предназначенные для промывки дрен, более 5 % поперечного сечения которых заилены, имеют обычно одно фронтальное отверстие и 2...8 задних. Расчетная схема головки типичной конструкции приведена на рис. 10.2.

Диаметр переднего отверстия d_n обычно находится в пределах 1,5...3 мм, диаметр задних d_z зависит от их числа $n_{от}$. Для обеспечения минимума энергоёмкости процесса промывки, при выборе диаметра задних отверстий головки, предназначенной для промывки дрен диаметром менее 10 см, можно воспользоваться данными табл. 10.2 [8], если принято $d_n \approx 1,5$ мм.

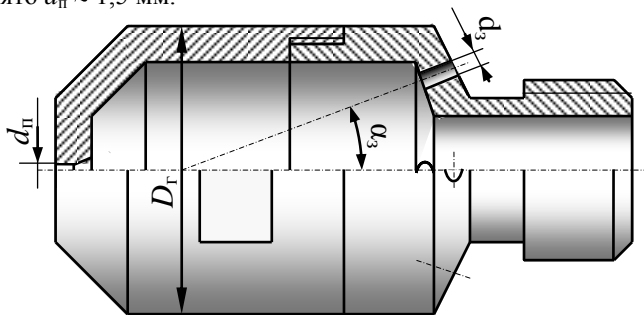


Рис. 10.2. Расчётная схема к определению параметров реактивной головки.

Размер d_n можно предварительно оценить из условия обеспечения необходимой скорости истечения струй v_n :

$$d_n = \sqrt{4Q_n / \pi v_n}. \quad (10.9)$$

Т а б л и ц а 10.2. Рекомендуемые диаметры

задних отверстий промывочной головки

Число отверстий	Диаметр отверстия, мм
2	2,7...3,7
3	2,2...2,7
6	1,0...1,5

Головка дренапромывочной машины УПД-120 в качестве возможного варианта принимаемой конструкции показана на рис. 10.3.

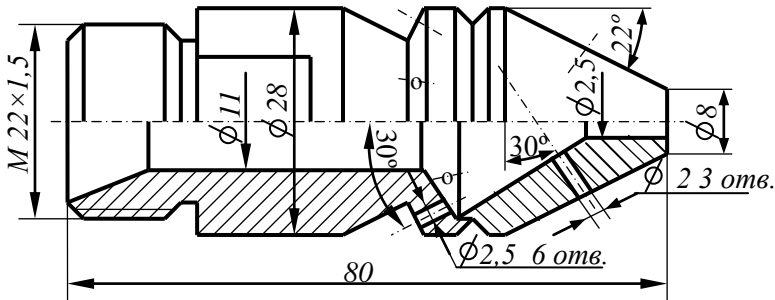


Рис. 10.3. Головка дренапромывочной машины УПД-120.

Значение v_n принимается равным 30...55 м/с. Для переднего отверстия целесообразно принимать скорости истечения ближе к большим значениям. После расчета и принятия значения d_n можно предварительно, ориентируясь по данным табл. 10.2, принять диаметр задних отверстий d_3 . При этом должно быть $d_3 > d_n$. Далее следует определить необходимую суммарную площадь задних отверстий A_3 , имея в виду, что расход через них $Q_3 = Q_r - Q_n$.

A_3 рассчитывают по формуле

$$A_3 = Q_3 / v_n. \quad (10.10)$$

Здесь скорость истечения принимается по вышеприведенной рекомендации, но меньше скорости для переднего отверстия. Имея A_3 и d_3 , можно определить необходимое число задних отверстий $n_{от}$.

Окончательно $n_{от}$ и d_3 определяются после гидравлических расчетов. У основной головки машины ПДТ-125 всего отверстий 5. Диаметр переднего отверстия 6, задних – 7 мм. У дренапромывочной машины УПД-120 диаметр переднего осевого отверстия составляет 2,5, передних наклонных – 2, задних – 2,5 мм. Передние отклонены от вертикали на 30°, задние – от оси на 30°. Количество передних наклонных отверстий – 3, задних – 6 шт.

Угол наклона задних отверстий α_n к оси головки, по рекомендации А.А. Машенского [9], принимается 12° , хотя может быть до 20° и более [3]. Существуют головки с углом наклона отверстий до 75° [16] (см. рис. 4.19), предназначенные для очистки дрен большого диаметра и трубопроводов.

Внутренний диаметр штуцера, соединяющего напорный шланг с головкой, на $4...5$ мм меньше внутреннего диаметра шланга.

Если дрена заилена менее чем на 5% , может использоваться головка без переднего отверстия.

Длина шланга $L_{шл}$ принимается с учетом ожидаемой длины промываемой дрены и запаса (около $10...15$ м), учитывающего расстояние от устья дрены до барабана (катушки) дренопромывочной машины. У существующих дренопромывочных машин $L_{шл} = 100...300$ м.

Размеры барабана принимаются в зависимости от размеров шланга. При этом следует учесть то, что машина может иметь двухсекционный барабан при оснащении её шлангами двух размеров, т.е. шланга для промывки дрен и шланга для промывки коллекторов. Барабан обычно сваривается из труб диаметром $25...30$ мм. Величину диаметра барабана D_6 (рис. 10.4) можно принять по соотношению $D_6 \approx (38...50) D_{шл}$. При использовании эластичных резиновых шлангов D_6 может быть уменьшена в $1,5...2$ раза.

Шланг на барабан укладывается в $5...20$ слоев. Большое число слоев применяется для тонких труб. Тогда наружный диаметр D_n уложенной на барабан бухты шланга определяется по формуле

$$D_n = D_6 + (10...40) D_{шл}. \quad (10.11)$$

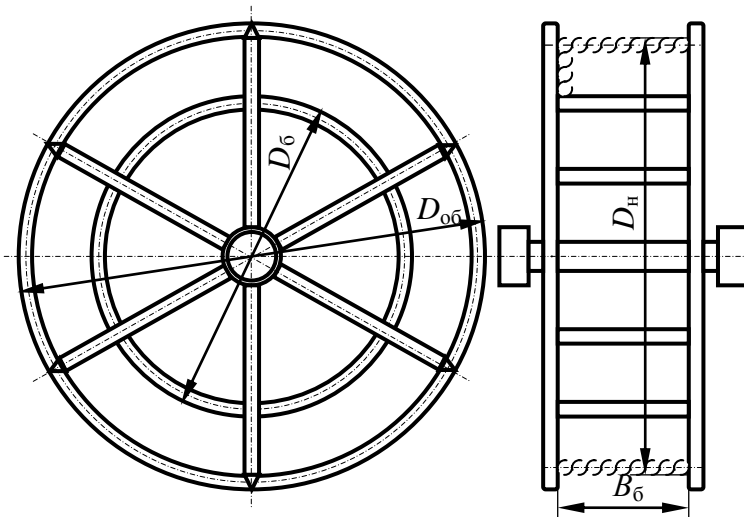


Рис. 10.4. Схема к расчету размеров барабана.

Диаметр обода $D_{об}$ можно принять по рекомендации

$$D_{об} \approx D_н + (8 \dots 12) D_{шл}. \quad (10.12)$$

При проектировании двухсекционного барабана целесообразно обеспечить равенство для обеих секций диаметров барабана и диаметров обода. Ёмкость секции барабана подбирают изменением ширины B_6 , которую можно рассчитать, приравняв длину шланга и емкость барабана:

$$L_{шл} = [\pi (D_н + D_6) / 2] [(D_н - D_6) / D_{шл}] B_6 / D_{шл}. \quad (10.13)$$

Отсюда

$$B_6 = 2L_{шл} D_{шл}^2 / [\pi (D_н^2 - D_6^2) k_{р.н}], \quad (10.14)$$

где $k_{р.н}$ – коэффициент равномерности навивки шланга, равный 0,4...0,9. Большие значения следует принимать для более эластичных резиновых шлангов и машин, имеющих устройство для упорядоченного наматывания шланга. Например, машины Senior и УПД-120 имеют челночное устройство, послойно виток к витку укладывающее шланг на барабан. Для них следует принимать максимальное значение, равное 0,9.

10.2. Гидравлические расчеты и расчет мощности на привод водяного насоса

Известные дренажные машины имеют достаточно разнообразные технические показатели (см. табл. 10.1). Обеспечение работоспособности дренажного оборудования во многом зависит от правильно подобранного насоса, обеспечивающего забор воды и ее подачу по напорному шлангу к реактивной головке.

По мере движения воды к отверстиям реактивной головки давление падает. Уравнение для расчета общих потерь напора $H_{об}$ на пути от насоса до выхода воды из дренажной головки можно записать в следующем виде:

$$H_{об} = h_k z_k + h_b + H_{шл} + h_{шт}, \text{ м}, \quad (10.15)$$

где h_k – потери напора в колене трубопровода;

z_k – число колен;

h_b – потери напора в вентиле;

$H_{шл}$ – потери напора по длине шланга;

$h_{шт}$ – потери напора в штуцере.

Рекомендуется [7] принимать $h_k = h_{шт} = 0,3 \dots 0,5$, $h_b = 5$ м.

Расчет $H_{шл}$ выполняется по формуле

$$H_{шл} = Q_{г}^2 L_{шл} / K^2, \quad (10.16)$$

где K – модуль расхода (расходная характеристика шланга). Значение K можно определить по табл. 10.3.

Т а б л и ц а 10.3. Значения модулей расхода для круглых труб

$d_{шл}$, мм	10	15	20	25	30	40	50
K , л/с	0,18	0,53	1,12	2,06	3,26	6,97	12,55

В работе В.Г. Пескова и др. [12] рекомендуется потери напора по длине шланга определять по формуле

$$H_{шл} = 0,0827 \lambda_c Q_{г}^2 L_{шл} / d_{шл}^5, \quad (10.17)$$

где λ_c – коэффициент сопротивления трению по длине трубопровода, равный $0,0163 \dots 0,017$.

В данной формуле $Q_{г}$ подставляется в м³/с, $L_{шл}$ – в м, $d_{шл}$ – в мм.

Подача и напор насоса должны быть необходимыми для обеспечения скорости истечения воды из отверстий, достаточной для размывания отложений. Для эффективного размывания слежавшихся отложений, по данным исследований [8], давление в головке должно составлять не менее 0,8 МПа, для низконапорных машин – не менее 0,5 МПа, что обеспечивает необходимую скорость истечения воды и силу воздействия на отложения. Для расчета скорости истечения и уточнения расхода через круглые отверстия можно воспользоваться следующими формулами:

$$Q_1 = (\mu_1 \pi d_1^2 / 4) \sqrt{2g(H_n - H_{об})}; \quad (10.18)$$

$$Q_2 = (\mu_2 n_{от} \pi d_2^2 / 4) \sqrt{2g(H_n - H_{об})}, \quad (10.19)$$

где μ_1 и μ_2 – коэффициенты расхода для переднего и задних отверстий соответственно. При форме отверстий с коническим входом можно принять $\mu_1 \approx 0,82$, $\mu_2 \approx 0,79$ [8];

H_n – напор, создаваемый насосом, м.

Если в процессе проектирования не был принят насос с известными характеристиками, то на этой стадии, используя любую из формул (10.18) или (10.19), можно получить выражение для расчета необходимого напора насоса. Например, для переднего отверстия имеем

$$H_n = H_{об} + 8Q_n^2 / (g\mu_1^2 \pi^2 d_1^4). \quad (10.20)$$

После расчета H_n и выполнения при необходимости его согласования с характеристикой насоса по формулам (10.18) и (10.19) уточняются значения Q_n и Q_3 , и определяется Q_r как их сумма. Затем пересчитываются и определяются значения скоростей истечения.

Скорости истечения через переднее $v_{н1}$ и заднее $v_{н2}$ сопла можно рассчитать по следующим формулам:

$$v_{н1} = 4 Q_n / \pi d_1^2; \quad (10.21)$$

$$v_{н2} = 4 Q_3 / n_{от} \pi d_2^2. \quad (10.22)$$

Расчитанные скорости должны быть в пределах 30...55 м/с. При невыполнении этого условия могут быть изменены H_n , d_1 , d_2 или $n_{от}$. При этом следует обеспечивать соблюдение рекомендаций по значениям требуемых скоростей течения жидкости в дрене.

Расчет реактивной силы F_p , создаваемой струёй жидкости, выполняется для переднего отверстия по формуле

$$F_{p1} = Q_n \rho v_{н1}, \quad (10.23)$$

для заднего –

$$F_{p2} = Q_3 \rho v_{н2} \cos \alpha_n. \quad (10.24)$$

Реактивная сила F_n , проталкивающая головку в дрене, определяется как разность этих сил, т.е.

$$F_n = F_{p2} - F_{p1}. \quad (10.25)$$

Перемещению шланга препятствует главным образом сила трения движущейся в дрене воды о шланг, если шланг в дрене не изогнут. Данное сопротивление, выраженное в виде потери напора на трение $H_{тр}$, для заполненной дрены можно найти следующим образом

$$H_{тр} = (Q_r + Q_{тр})^2 L_b / (K_2 - K_1)^2, \quad (10.26)$$

где L_b – длина шланга, введённого в дрину;

K_1 – модуль расхода для шланга, принимаемый по табл. 10.3 для диаметра равного внешнему диаметру шланга;

K_2 – модуль расхода для дрены, принимаемый по табл. 10.3 для диаметра равного внутреннему диаметру дрены.

Условием перемещения шланга вдоль дрены является следующее неравенство:

$$F_n \geq F_{тр}, \quad (10.27)$$

где $F_{\text{пр}}$ – сила, препятствующая поступательному перемещению шланга.

Для неподвижной головки её можно найти по формуле

$$F_{\text{пр}} = P_{\text{пр}} / v_2, \quad (10.28)$$

где $P_{\text{пр}}$ – мощность, требуемая на преодоление гидравлических сопротивлений, возникающих при продвижении шланга по дрене.

Данную мощность рассчитывают по формуле

$$P_{\text{пр}} = (Q_{\text{г}} + Q_{\text{гр}}) \rho g H_{\text{гр}}. \quad (10.29)$$

При неподвижной головке

$$P_{\text{пр}} = Q_{\text{г}} \rho g H_{\text{гр}}. \quad (10.30)$$

На основании неравенства (10.27) можно получить выражение для расчета предельной длины шланга, который, при принятых условиях, реактивными силами будет продвинут в дренаж:

$$L_{\text{шп}} = F_{\text{п}} (K_2 - K_1)^2 / (\rho g Q_{\text{г}}^3). \quad (10.31)$$

При недостаточном значении $L_{\text{в}}$ необходимо предусмотреть устройство для принудительного проталкивания шланга или обеспечить проталкивание вручную. Приведенную в данном подразделе теорию можно использовать для определения силы, необходимой для проталкивания дополнительной длины шланга и соответственно потребной мощности на привод исполнительного механизма.

Мощность на привод насоса $P_{\text{н}}^{\text{дб}}$, приведенную к валу двигателя, если насос приводится в действие от вала отбора мощности трактора, можно рассчитать следующим образом:

$$P_{\text{н}}^{\text{дб}} = P_{\text{п}} / \eta_{\text{о}} \eta_{\text{м}} \eta_{\text{к}} \eta_{\text{тр}}, \quad (10.32)$$

где $P_{\text{п}}$ – полезная мощность насоса;

$\eta_{\text{о}}$, $\eta_{\text{м}}$, $\eta_{\text{к}}$, $\eta_{\text{тр}}$ – соответственно к.п.д. объемный насоса, механический насоса, карданной передачи между валом отбора мощности и насосом, трансмиссии привода вала отбора мощности и самого вала отбора мощности трактора.

Расчет $P_{\text{п}}$ выполняется по следующей формуле:

$$P_{\text{п}} = Q_{\text{г}} \rho g H_{\text{н}}, \text{ Вт}. \quad (10.33)$$

Значение $\eta_{\text{о}}$ для поршневых насосов рекомендуется принимать 0,89...0,98, $\eta_{\text{м}}$ – 0,84...0,86. Ориентировочно можно принимать для машин типичных конструкций $\eta_{\text{к}} = 0,9$, $\eta_{\text{тр}} = 0,85$.

При наличии механизма для проталкивания шланга необходимо учесть мощность на его привод.

11. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИЙ МАШИН ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ

И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Снижение расхода средств на ремонтно-эксплуатационные работы будет, помимо прочего, достигаться усовершенствованием организационных мероприятий, использованием более совершенных технических и технологических решений при создании мелиоративных и водохозяйственных объектов, использованием новых конструктивных материалов, расширением средств диагностирования объектов, том числе диагностирования закрытых дренажных систем с применением вводимых в дренаж видеокамер с дистанционным управлением.

Наряду с использованием общестроительных машин все более широкое применение находят специальные как специализированные, так и универсальные и многоцелевые машины для эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных систем.

Для Республики Беларусь до 2015 года требуется разработать двенадцать типов машин для строительства и эксплуатации мелиоративных систем, семь освоить в производстве, наладить серийное производство пяти типов машин и организовать закупку машин двух типов и двух типов земснарядов.

При проектировании машин широко применяются системы автоматизированного проектирования, компьютерное моделирование, плоттеры. Большое внимание уделяется компоновочным решениям машины. Очень важным при этом является снижение габаритов машины в транспортном положении, обеспечение минимальных помех обзору рабочим оборудованием и оптимизация положения общего центра масс.

В качестве базы для агрегатирования рабочего оборудования наиболее широко используются гусеничные и колесные тракторы общего назначения, вместе с тем все большее применение находят машины на специальном шасси, в том числе гусеничном с увеличенной опорной поверхностью, увеличенной колесой и сниженным центром масс, что позволяет машине двигаться по откосам каналов и дамб. Начали выпускаться машины на четырех- и шестипорном колесном шасси с гидроприводом всех опор при возможности их независимой установки по высоте и колее.

Для повышения устойчивости используются дополнительные колесные опоры, в том числе опоры с гидроприводом, способные перемещаться не только по берме, но и по откосу или дну канала.

С целью снижения нагрузок на базовую машину и облегчения смены рабочего оборудования оно устанавливается на полунавесную или полуприцепную, как правило, колесную дополнительную опорную тележку.

При удалении растительности имеет место совмещение скашивания и удаления или скашивания, накопления и перегрузки растительности.

Осваивается перспективный метод угнетения сорной растительности – электроискровой. Для химического уничтожения растительности создаются более совершенные опрыскиватели и более эффективные и экологически более мягкие гербициды. Достаточно широко, особенно для окашивания крупных каналов, рек и водоемов, начали применяться плавучие машины, в том числе плавучие комбайны.

Для оптимизации работы и диагностирования сложных машин в их конструкцию вводят бортовые компьютеры. Намечаются варианты использования JPS-системы. В настоящее время используются системы определения положения рабочего органа при разработке грунта под водой.

С целью увеличения производительности проектируемых машин предусматривают работу с повышенными скоростями режущих элементов.

Сохраняется тенденция широкого использования гидропривода как для обеспечения привода рабочего оборудования, так и для обеспечения привода хода и управления рабочим оборудованием. При этом гидросистемы производятся с более высоким рабочим давлением. Намечалась тенденция применения новых с более совершенными характеристиками рабочих жидкостей гидросистем.

Существенно возросло внимание к экологическим, эргономическим, эстетическим, энергетическим показателям машин.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебном пособии изложены организационные принципы эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных объектов, приведены назначение и классификация машин для очистки каналов, удаления растительности, ремонта и обслуживания закрытых дренажных систем, ухода за гидротехническими сооружениями, а также мелиоративных земснарядов.

Описаны принципы действия машин и их рабочих органов, отражены особенности конструкций ходовых систем, даны основные технические показатели машин.

Для наиболее применяющихся типов рабочих органов и машин рассмотрена кинематика и изложены методики расчета важнейших параметров рабочих органов, описано теоретическое определение сопротивлений и потребной мощности на привод рабочих органов и обеспечение работы машин, приведены особенности тяговых и статических расчетов основных типов ремонтно-эксплуатационных машин.

Перечислены основные направления и тенденции развития конструкций машин для эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных систем.

Учебное пособие составлено в соответствии с действующей учебной программой и предназначено для изучения теоретической части курса и курсового и дипломного проектирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эффективный способ очистки дренажных труб от заиления/ В.А. Авнапов [и др.]// Гидротехника и мелиорация, 1984, №7. С.55,56.
2. Багров, М. Н. Оросительные системы и их эксплуатация/ М.Н. Багров, И.П. Кружилин. М.: Агропромиздат, 1988. 255 с.
3. Всемирная энциклопедия оборудования. Машиностроительный регистр. www.point-wee-cd.com.
4. Зубец, В. М. Эксплуатация закрытых осушительных систем/ В.М. Зубец, А.Е. Вакар. М.: Агропромиздат, 1989. 136 с.
5. Кавешников, Н. Т. Эксплуатация и ремонт гидротехнических сооружений/ Н.Т. Кавешников. М.: Агропромиздат, 1989. 272 с.
6. Кондратьев, В. Н. Косилки бильного типа: вопросы проектирования и эксплуатации: Пособие/ В.Н. Кондратьев. Минск: НП РУП «БелНИИ мелиорации и лугодводства», 2002. 40 с.
7. Корженевский, А. Н. Ремонтные работы на осушительных системах/ А.Н. Корженевский. М.: Колос, 1978. 240 с.
8. Мажугин, Е. И. Мелиоративные машины. Основы теории и расчета: Учеб. пособие/ Е.И. Мажугин. Горки: БГСХА, 2007. 161с.
9. Мащенко, А. А. Энергонасыщенные машины в мелиорации/ А.А. Мащенко; под ред. В. А. Скотникова. Минск: Наука и техника, 1980. 255 с.
10. Мелиоративные машины / Б. А. Васильев [и др.]; под ред. И. И. Мера. М.: Колос, 1980. 351 с.
11. Михеев, А. В. Совершенствование технологии очистки закрытого горизонтального дренажа на оросительных системах Северного Кавказа: автореф. дис. ... канд. техн. наук/ А.В. Михеев. Новочеркасск: НГМА, 1998. 24 с.
12. Механизация эксплуатационных работ на гидромелиоративных системах: справочник/ В.Г. Песков [и др.] М.: Агропромиздат, 1986. 143 с.
13. Сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации/ Г.И. Афанасик [и др.]; под ред. А.П. Лихацевича. Минск.: Тэхналогія, 2000. 436 с.
14. Система машин для комплексной механизации мелиоративных работ на 2008 – 2015 годы: Постановление НАН Беларуси, М-ва сельского хозяйства и продовольствия, М-ва промышленности Республики Беларусь № 5/74/25 от 29.09.2008 г. Минск, 2008. 42 с.
15. Мелиоративные машины для осушения болот/ В.А. Скотников [и др.]; Минск: Вышэйш. шк., 1988. 308 с.
16. Сухарев, Э. А. Основы теории машин для обслуживания и ремонта мелиоративных систем: учеб. пособие/ Э.А. Сухарев. Киев: ИСИО, 1994. 360 с.
17. Технология и организация ремонта осушительных систем и механизированного ухода. М.: Союзгипроводхоз, 1989. 67 с.
18. Федеральные регистры базовых и зональных технологий и технических средств для мелиоративных работ в сельскохозяйственном производстве России до 2010 г. М.: ФГМУ «Росформатротех», 2003. 120 с.
19. Эксплуатация гидромелиоративных систем/ под ред. Н.А. Орловой. Киев.: Выща шк., головное изд-во, 1985. 368 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	3
Введение	4
Условные обозначения	6
1. Организационные основы эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных объектов.....	9
1.1. Необходимость выполнения и механизации работ по эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных объектов. Особенности выполнения эксплуатационно-ремонтных работ.....	9
1.2. Состав механизированных работ по обслуживанию, ремонту и реконструкции мелиоративных и водохозяйственных объектов.....	12
1.3. Планово-предупредительная система	14
1.4. Планирование капитальных ремонтов.....	16
1.5. Особенности технической эксплуатации дождевальных машин и насосных станций.....	19
1.6. Общая классификация машин для эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных объектов.....	21
2. Машины для содержания и ремонта каналов.....	23
2.1. Основные технологические операции по содержанию и ремонту каналов. Способы очистки каналов	23
2.2. Классификация каналоочистителей и основные требования к ним.....	26
2.3. Каналоочистители непрерывного действия.....	28
2.4. Каналоочистители с комбинированными рабочими органами.....	50
2.5. Особенности конструкций ходовых систем каналоочистителей.....	57
2.6. Каналоочистители циклического действия.....	72
2.7. Каналоочистители с набором сменных рабочих органов.....	88
3. Машины для скашивания и удаления растительности из каналов.....	95
3.1. Уход за травяным покровом каналов.....	95
3.2. Назначение и классификация машин для скашивания и удаления растительности из каналов.....	96
3.3. Устройство и работа косилок с сегментно-пальцевыми и сегментными режущими аппаратами.....	98
3.4. Устройство и работа косилок с ротационными режущими аппаратами.....	112
3.4.1. Однороторные косилки.....	112
3.4.2. Двухроторные косилки.....	119
3.4.3. Трех- и многороторные косилки.....	127
3.4.4. Косилки-измельчители.....	140
3.5. Рабочие органы, совмещающие процессы срезания и удаления растительности.....	145
3.6. Ручные косилки.....	148
3.7. Машины для удаления из каналов срезанной растительности.....	152
3.8. Плавающие косилки.....	157
3.9. Машины для угнетения и уничтожения растительности.....	175
4. Машины и оборудование для промывания и ремонта закрытого дренажа.....	178
4.1. Причины нарушения и способы восстановления работоспособности дренажа.....	178
4.2. Машины для промывания и ремонта дрен.....	187
4.3. Способы и оборудование для обнаружения мест повреждения и обследования дрен.....	207
5. Машины для ремонта и содержания гидротехнических сооружений.....	215
6. Машины для выполнения эксплуатационно-ремонтных работ способом гидромеханизации.....	228
6.1. Виды работ, машины и оборудование для их выполнения.....	228

6.2. Земснаряды. Классификация и принцип действия.....	229
6.3. Схемы работы земснарядов.....	238
6.4. Устройство и принцип действия грунтозаборных органов.....	241
6.5. Машины для добычи сапропелей.....	252
7. Основы теории и расчета каналоочистителей с цепными рабочими органами.....	253
7.1. Кинематические соотношения многоковшовых и скребковых рабочих органов поперечного копания.....	253
7.2. Расчет основных параметров цепного скребкового рабочего органа.....	255
7.3. Расчет параметров многоковшового цепного рабочего органа.....	258
7.4. Расчет мощности на привод каналоочистителей с цепным рабочим органом поперечного копания.....	262
7.5. Расчет сил, действующих на рабочее оборудование.....	272
8. Основы теории и расчета каналоочистителей с ротационными рабочими органами.....	269
8.1. Основы теории и расчета фрезерного рабочего органа с осью вращения, параллельной оси канала.....	269
8.1.1. Кинематические соотношения и размеры стружки для фрезерных каналоочистителей.....	269
8.1.2. Расчет основных параметров фрезерного рабочего органа.....	271
8.1.3. Расчет мощности на привод фрезерного рабочего органа.....	276
8.2. Особенности расчета шнекороторного рабочего органа с коническим шнеком.....	279
8.2.1. Расчет параметров шнека.....	279
8.2.2. Расчет параметров метателя.....	282
8.2.3. Построение винтовой поверхности конического шнека.....	283
8.2.4. Расчет мощности на привод шнекороторного рабочего органа.....	285
8.2.5. Расчет сил, действующих на фрезерный и шнекороторный рабочие органы.....	287
8.3. Расчет рабочих органов каналоочистителей с цилиндрическим шнеком.....	290
8.3.1. Кинематические соотношения и расчет параметров цилиндрического шнекового рабочего органа.....	290
8.3.2. Расчет мощности на привод рабочего органа с цилиндрическим шнеком.....	296
8.3.3. Расчет сил, действующих на шнековый рабочий орган с цилиндрическим шнеком.....	297
9. Основы теории и расчета машин для скашивания и удаления растительности из каналов.....	299
9.1. Кинематика и расчет параметров сегментно-пальцевых и сегментных режущих аппаратов.....	299
9.2. Расчет параметров рабочих органов косилок с роторными режущими аппаратами.....	305
9.3. Расчет мощности на привод режущего аппарата и сил, действующих на него.....	318
10. Основы теории и расчета рабочего оборудования дренопромывочных машин.....	320
10.1. Расчет основных параметров.....	320
10.2. Гидравлические расчеты и расчет мощности на привод водяного насоса.....	326
11. Основные направления и тенденции развития конструкций машин для эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных объектов.....	329
Заключение.....	330
Литература.....	332

Учебное издание

Евгений Иванович Мажугин

**МАШИНЫ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ
И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

Учебное пособие

Редактор Е. В. Ковалева
Техн. редактор Н. К. Шапрунова
Корректор

ЛИ № 348 от 16.06.2009. Подписано в печать 2010.

Формат 60×84¹/₁₆. Бумага для множительных аппаратов.

Печать ризографическая. Гарнитура «Таймс».

Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. .

Тираж 150 экз. Заказ . Цена . руб.

Редакционно-издательский отдел БГСХА
213407, г. Горки Могилевской обл., ул. Студенческая, 2
Отпечатано в отделе издания учебно-методической литературы,
ризографии и художественно-оформительской деятельности БГСХА
г. Горки, ул. Мичурина, 5