Учреждение образования
«Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»

Факультет механизации сельского хозяйства

Кафедра тракторов, автомобилей и машин для природообустройства

СОГЛАСОВАНО Председатель методической комиссии факультета механизации сельского хозяйства	СОГЛАСОВАНО Декан факультета механизации сельского хозяйства
_____ Г. Н. Лысевский _____ 2018 г.	_____ О. В. Понталев _____ 2018 г.

УЧЕБНО–МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

МАШИНЫ ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

для специальности
1-74 06 04 Техническое обеспечение мелиоративных и водохозяйственных работ

Горки
БГСХА
2018

Рекомендован научно-методическим советом УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» (протокол № от), рег. №_____

Составитель: РУБЕЦ С. Г., кандидат технических наук, доцент

Рецензенты: КУТУЗОВ В. В., заведующий кафедрой «Автомобильные дороги» ГУВПО «Белорусско-Российский университет», кандидат технических наук, доцент;
ДРЕМУК В. А., доцент кафедры механизации и энергообеспечения производства УО «Барановичский государственный университет», кандидат технических наук, доцент.

Машины для земляных работ: учебно-методический комплекс / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. Сост. С. Г. Рубец. – Горки: БГСХА, 2018. – 230 с.

Учебно-методический комплекс предназначен для изучения учебной дисциплины «Машины для земляных работ» студентами факультета механизации сельского хозяйства специальности 1-74 06 04 Техническое обеспечение мелиоративных и водохозяйственных работ.

© Учреждение образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

Пояснительная записка 4
1 Теоретический раздел 7
1.1 Тематический план чтения лекций по учебной дисциплине 7
1.2 Опорный конспект лекций 8
1.3 Тематика реферативных работ 109
1.4 Тематика курсовых проектов 109
1.5 Примерная тематика дипломных проектов 110
1.6 Литература 110
2 Практический раздел 111
2.1 Тематические планы проведения лабораторных и практических занятий 111
2.2 Методические материалы для проведения лабораторных и практических занятий 112
3 Раздел контроля знаний 194
3.1 Вопросы промежуточного контроля знаний 194
3.2 Вопросы текущей аттестации 196
3.3 Примерные тестовые задания по дисциплине 198
3.4 Критерии оценки результатов учебной деятельности 209
3.5 Критерии оценки курсового проекта 209
4 Вспомогательный раздел 211
4.1 Учебная программа 211

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная дисциплина «Машины для земляных работ» в подготовке инженера по техническому обеспечению мелиоративных и водохозяйственных работ является решающей в изучении конструкций и методик расчета этих специализированных машин.

При преподавании дисциплины рекомендуется широко использовать информационные технологии, наглядные пособия, макеты и различные педагогические приемы. При изложении материала необходимо соблюдать единство терминологий и обозначений в соответствии с действующими стандартами, международную систему измерений СИ. Важно выработать у студентов навыки работы со стандартами и нормативно-справочными материалами.

Цель преподавания учебной дисциплины – на основе изучения конструкции и работы основных типов машин для земляных работ, их технических возможностей и методик проектирования, подготовить будущего инженера к эффективному освоению существующих отечественных и зарубежных землеройных машин, а также разработке и теоретическому обоснованию технических предложений по модернизации существующих или созданию новых машин или их составных частей.

Задачи учебной дисциплины:

– выработать у специалиста знания, необходимые для освоения конструкций землеройных машин;

– изучить особенности применения различных типов землеройных машин как базу для последующего освоения вопросов технической эксплуатации, технологии мелиоративных работ, охраны труда, экономики строительного производства;

– изучить методику расчета типичных землеройных машин и их рабочих органов, ознакомиться с приемами выявления недостатков конструкций машин и методами их устранения и на этой основе разрабатывать и теоретически обосновывать предложения по улучшению существующих или проектированию новых машин.

Содержание учебной программы разработано на основе комплексного подхода, требований к формированию компетенций, сформулированных в образовательном стандарте для специальности 1-74 06 04 «Техническое обеспечение мелиоративных и водохозяйственных работ».

Содержание дисциплины представлено в виде тем, которые характеризуются относительно самостоятельными укрупненными дидактическими единицами содержания обучения. Содержание тем опирается на приобретенные ранее студентами компетенции при изучении естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин: «Теоретическая механика», «Теория механизмов и машин», «Детали машин и подъемно-транспортные механизмы», «Гидравлика и гидропривод», «Метрология, стандартизация и сертификация», «Тракторы и автомобили» и др., а также отдельных разделов математики и физики.

В свою очередь, дисциплина «Машины для земляных работ» используется при изучении следующих дисциплин: «Ремонт мелиоративных и строительных машин», «Техническое обслуживание мелиоративных и строительных машин», «Охрана труда», «Технология и организация мелиоративного и водохозяйственного строительства», «Экономика мелиоративного и водохозяйственного строительства».

В результате изучения учебной дисциплины «Машины для земляных работ» студент должен закрепить и развить академические (АК) и профессиональные (ПК) компетенции, предусмотренные образовательным стандартом высшего образования первой ступени по специальности 1-74 06 04 «Техническое обеспечение мелиоративных и водохозяйственных работ» (ОСВО 1-74 06 04 – 2013):

– АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;

– АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом;

– АК-3. Владеть исследовательскими навыками;

– АК-4. Уметь работать самостоятельно;

– АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью);

– АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;

– АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;

– ПК-1. Определять оптимальный состав и структуру машинно-тракторного парка предприятия и его ремонтно-обслуживающей базы;

– ПК-4. Проводить расчеты по определению оптимальных режимов мелиоративных технологических процессов, а также процессов восстановления и упрочнения деталей;

– ПК-5. Разрабатывать и применять методы и средства технической диагностики машин и оборудования;

– ПК-7. Осуществлять контроль за соблюдением технологической дисциплины, правильной эксплуатацией машин и технологического оборудования;

– ПК-8. Подготавливать исходные данные для составления планов, смет, заявок на запасные части, материалы, оборудование;

– ПК-12. Анализировать причины нарушений требований при выполнении механизированных технологических процессов, принимать участие в разработке мероприятий по их предупреждению;

– ПК-13. Взаимодействовать со специалистами смежных областей;

– ПК-15. Готовить доклады, материалы к презентациям;

– ПК-16. Пользоваться глобальными информационными ресурсами;

– ПК-17. Изучать специальную литературу и другую научно-техническую информацию, достижения отечественной и зарубежной науки и техники в области механизации мелиоративных работ;

– ПК-18. Рассматривать рационализаторские предложения по совершенствованию технологий производства;

– ПК-19. Организовывать испытания строительных и мелиоративных машин с исследованием отдельных процессов при выполнении технологических операций;

– ПК-20. Планировать и осуществлять экспериментальное исследование технических предложений по совершенствованию машин или их частей, технологического оборудования, технологических процессов;

– ПК-21. Составлять во взаимодействии со специалистом патентную документацию;

– ПК-22. Участвовать в проведении научных исследований или выполнении технических разработок;

– ПК-24. Разрабатывать и принимать участие в реализации мероприятий по повышению эффективности производства, сокращению расхода материальных ресурсов, снижению трудоемкости и энергоемкости, повышению производительности труда;

– ПК-25. Разрабатывать и обосновывать расчетами технические предложения по совершенствованию машин или их частей, технологического оборудования, технологических процессов;

– ПК-26. Разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные научно-исследовательские и проектно-конструкторские работы;

– ПК-30. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективам развития мелиоративного производства, инновационным технологиям, проектам и решениям;

– ПК-32. Работать с научной, технической и патентной литературой.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

знать:

– назначение, область применения, индексацию, технические возможности, принцип действия, основные регулируемые параметры машин для земляных работ;

– особенности техники безопасности;

– основные технико-экономические показатели машин, конструктивно-компоновочные схемы;

– основы теории и расчета конструктивно-технологических параметров машин, тяговые, силовые и прочностные расчеты;

– тенденции развития машин;

уметь:

– рационально подбирать необходимую технику для выполнения земляных работ;

– определять нагрузки, действующие на машину и ее сборочные единицы, конструировать элементы и агрегаты машин;

– вести поисковые научно-исследовательские работы, обосновывать технические предложения по улучшению существующих или созданию новых машин;

владеть:

– методами расчета конструктивных и технологических параметров машин для земляных работ и их рабочих органов;

– методами расчета сил при разработке грунта;

– методами расчета сопротивлений при разработке грунта;

– методами расчета технико-экономических параметров машин;

– основами безопасной эксплуатации машин для земляных работ.

Для дневной (полной) формы получения высшего образования общее количество часов, отводимых на изучение учебной дисциплины «Машины для земляных работ» по специальности 1-74 06 04 «Техническое обеспечение мелиоративных и водохозяйственных работ» составляет 368 часов. Из них 204 часа аудиторные занятия, 164 часа – самостоятельная работа. По видам занятий предусмотрено следующее распределение аудиторного времени: лекции – 84 часа, практические занятия – 18 часов, лабораторные занятия – 102 часа. На курсовой проект отводится 60 часов. Рекомендуемая форма текущей аттестации – курсовой проект, зачет, экзамен.

Учебная дисциплина преподается на 3 курсе в 5 и 6 семестрах.

Для дневной (сокращенной) формы получения высшего образования общее количество часов, отводимых на изучение учебной дисциплины «Машины для земляных работ» по специальности 1-74 06 04 «Техническое обеспечение мелиоративных и водохозяйственных работ» составляет 368 часов. Из них 118 аудиторные занятия, 250 часов – самостоятельная работа. По видам занятий предусмотрено следующее распределение аудиторного времени: лекции – 50 часов, практические занятия – 18 часов, лабораторные занятия – 50 часов. На курсовой проект отводится 60 часов. Рекомендуемая форма текущей аттестации – курсовой проект, зачет, экзамен.

Учебная дисциплина преподается на 2 курсе в 4 семестре и на 3 курсе в 5 семестре.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Тематический план чтения лекций по учебной дисциплине для студентов дневной формы обучения

№ п/п	Тема лекции	К-во часов	
		Полная форма	Сокращенная форма
	Введение	2	2
1	Общие сведения о машинах для земляных работ	14	8
1.1	Силовое оборудование	2	1
1.2	Приводные устройства и силовые передачи	2	1
1.3	Системы управления	2	1
1.4	Ходовое оборудование машин	2	1
1.5	Вибрационные и вибровозбудительные устройства	2	1
1.6	Рабочие органы машин и их взаимодействие с грунтом	2	2
1.7	Моделирование рабочих процессов машин	2	1
2	Одноковшовые экскаваторы	16	10
3	Землеройно-транспортные машины	20	8
3.1	Общие сведения	2	2
3.2	Бульдозеры	6	2
3.3	Грейдеры и автогрейдеры	6	2
3.4	Скреперы	4	2
3.5	Динамический расчет землеройных и землеройно-транспортных машин	–	–
3.6	Землеройно-фрезерные машины	2	–
4	Машины и оборудование для гидромеханизации	6	4
4.1	Гидромониторы	2	1
4.2	Гидроэлеваторы	1	1
4.3	Землесосы	1	1
4.4	Землесосные установки и снаряды	2	1
5	Машины и механизмы для рыхления и разработки мерзлых и прочных грунтов	6	6
6	Машины для уплотнения грунтов	10	6
6.1	Машины для уплотнения грунта укаткой	4	2
6.2	Машины для уплотнения грунта трамбованием	2	2
6.3	Вибрационные машины для уплотнения грунтов	2	1
6.4	Машины комбинированного действия	2	1
7	Машины для свайных работ	4	2
8	Одноковшовые погрузчики	6	4
Итого		84	50

1.2 Опорный конспект лекций

ЛЕКЦИЯ 1

ВВЕДЕНИЕ

Машина для земляных работ (МЗР) – это устройство, выполняющее механические движения для изменения форм, свойств и состояния грунта при строительстве земляных сооружений.

По своему технологическому назначению машины для земляных работ разделяют на землеройные, землеройно-транспортные, для подготовительных и вспомогательных земляных работ, для уплотнения грунтов, специальные, для гидромеханической разработки грунтов, погрузочные.

Землеройные машины предназначены для отделения грунта от массива и перемещения его на расстояние, определяемое размерами конструктивных элементов рабочего оборудования (экскаваторы различных типов).

Землеройно-транспортные машины не только отделяют грунт от массива, но и перемещают его (бульдозеры, скреперы, автогрейдеры, грейдер – элеваторы и струги).

Машины для подготовительных и вспомогательных работ расчищают территории, на которых должны производиться земляные работы, от кустарника, валунов, пней, предварительно рыхлят грунт повышенной плотности (кусторезы, корчеватели-собиратели, рыхлители и другие машины.)

Грунтоуплотняющие машины уплотняют грунт в насыпи или в его естественном залегании для придания грунту в сооружении достаточной плотности и прочности (катки, трамбовки, виброуплотнители и др.).

К специальным относятся мелиоративные, буровые машины, кабелеукладчики, машины для бестраншейной прокладки трубопроводов, устройства ям под столбы линий связи, выполнения подводных земляных работ.

Машины для гидромеханической разработки грунта, разрушают и перемещают грунт с помощью энергии воды.

Погрузочные машины, к которым относятся прежде всего фронтальные погрузчики, соединяющие в себе черты землеройных и землеройно-транспортных машин; они могут копать грунт как стоя на месте, так и в движении.

Машины для земляных работ классифицируются по режиму работы (циклического и непрерывного действия), по виду привода (электрический, внутреннего сгорания, гидравлический, комбинированный), по числу двигателей (однодвигательные, многодвигательные), по мощности (малой, средней и большой), по ходовому оборудованию (гусеничные, пневмоколесные, шагающие, рельсовые). По системам управления - с ручным и автоматическим управлением, а по средствам управления – с механическим, электрическим, гидравлическим, пневматическим и комбинированным).

Земляные работы выполняются с целью строительства земляных сооружений и добычи ископаемых строительных материалов.

Земляные сооружения создаются вырезанием их в грунтовом массиве с удалением излишнего грунта или отсыпкой из грунта, добываемого в специальных резервах или карьерах, доставляемого на место возведения сооружения и уплотняемого до необходимой степени.

К земляным сооружениям относятся (рис. 1.1): *а* – траншея; *б* – канал; *в* – дамба; *г* – плотина; *д* – канал в насыпи; *е* – дорожная выемка; *ж* - котлован под фундамент мачты; *з* – система фундаментов под колонны сооружения; *и* – котлован под фундамент здания; *к, л, м, н* – подземные выработки (для штольни, трубы, канализационного коллектора, тоннеля метрополитена); *о* – площадка; *п* – выемка для спускного колодца; *р* – буровая скважина; *с* – полувыемка-полунасыпь; *т* – подводная траншея; *1* – дно (траншеи, канала, котлована, спуск-

ного колодца); *2* – боковая стенка траншеи; *3* – боковой откос (канала, дорожной выемки, котлована, насыпи, плотины, дамбы); *4* – водоотводный кювет.

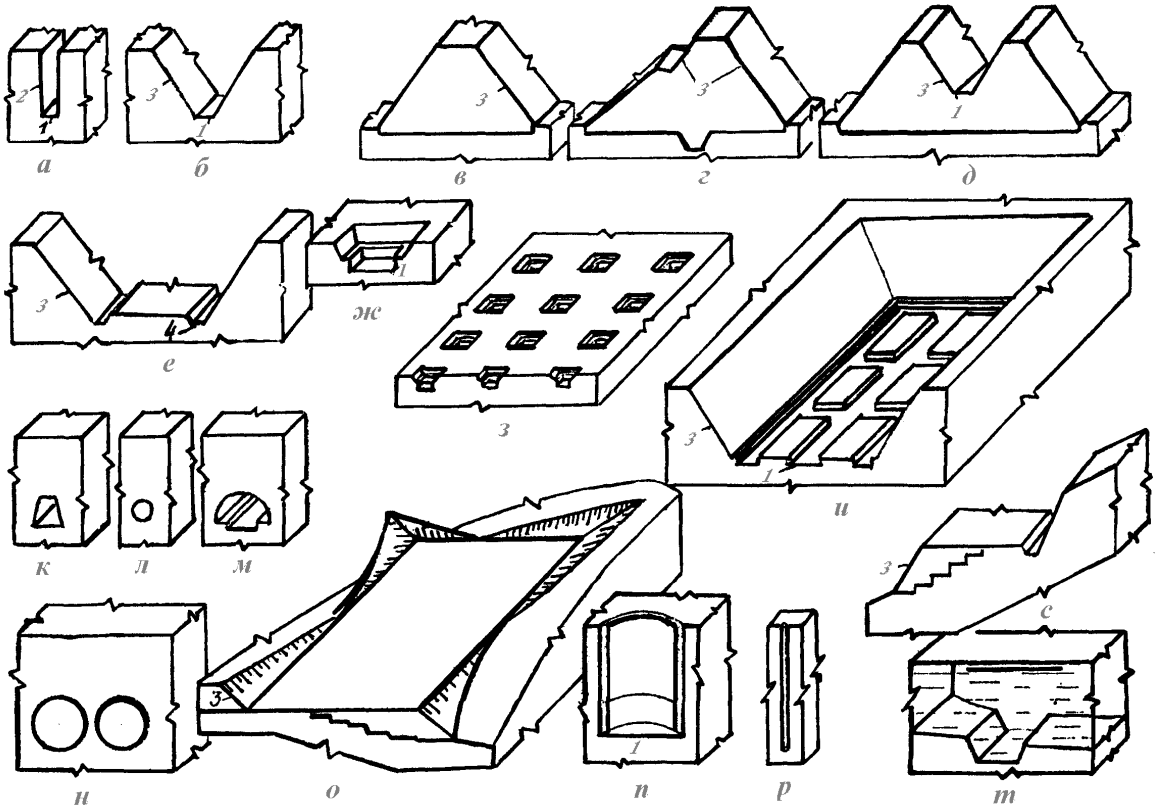

Рис. 1.1. Виды земляных сооружений

Рабочий процесс машины для земляных состоит в основном из следующих операций: разрушение (или рыхление) грунта в его естественном залегании и извлечение разрушенной части грунта; перемещение грунта к месту укладки в насыпь или отвал; разравнивание (планировка) и уплотнение его в целях придания необходимой механической прочности и устойчивости; профилирование и отделка земляного сооружения в целях придания выемкам и насыпям строго определенного поперечного и продольного профиля.

Основные направления развития машин для земляных работ.

Первое направление включает проблемы качества, надежности, конкурентоспособности и экономических свойств машины. Главной задачей этого направления является повышение показателей безотказности, оригинальности, ремонтопригодности и осуществление мероприятий технического обслуживания.

Второе направление характеризует проблемы электронизации, касающейся широкой автоматизации и роботизации МЗР на базе достижений микропроцессорной техники и использования ЭВМ.

Третье направление включает решение проблем дальнейшего повышения эффективности рабочих органов МЗР. Оно включает два основных поднаправления совершенствования рабочих органов: на базе традиционных методов воздействия на грунт и на основе использования новых ресурсосберегающих эффектов (применение антифрикционных материалов, оборудования для осуществления гидравлической и газо-воздушной смазки рабочих органов, термических эффектов, электрофизических методов, использование газо и гидродинамики для интенсификации разрушения, уплотнения и перемещения грунта).

Четвертое направление касается проблем совершенствования систем привода и энергетических установок МЗР.

Пятое направление касается дальнейшего развития систем машин различного назначения на основе методов модульного проектирования и унификации, ресурсосберегающих технологий и создания системы механизированного инструмента.

Шестое направление включает проблемы использования средств и методов автоматизированного проектирования (САПР), автоматизированных систем научных исследований (АСНИ) и производства машин, повышения качества проектно-конструкторских работ и методов поиска новых решений.

Седьмое направление касается решения важных задач повышения эффективности использования машин посредством совершенствования структуры подготовки и переподготовки кадров. Использование систем автоматического управления машин требует нового подхода к подготовке работников различного уровня (инженеров, операторов и наладчиков) для создания и эксплуатации машин со встроенным микропроцессорным оборудованием.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МАШИНАХ ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

1.1. Силовое оборудование

Источник энергии и оборудование для ее преобразования в приводах называют силовым оборудованием. По конструктивному назначению и роду используемой или преобразуемой энергии различают следующие виды силового оборудования МЗР: двигатели внутреннего сгорания (ДВС), электрические двигатели переменного и постоянного тока, гидравлические двигатели и насосы, гидротрансформаторы и гидромуфты, компрессорные установки.

Силовое оборудование должно удовлетворять требуемой мощности для преодоления рабочей нагрузки, характеру нагрузки, виду используемой энергии и климатическим условиям эксплуатации. У МЗР основным видом силового оборудования являются дизельные двигатели со следующим рядом мощностей 12-16; 30-40; 50-55; 65-80; 275-300; 400-500; 550-600; 730-880 кВт.

Соответствие двигателей характеру нагрузки определяется по их внешней скоростной (регуляторной) характеристике (рис. 1.2), показывающей зависимость эффективной мощности N_e, крутящего момента M_e, часового G_e и удельного g_e расхода топлива от частоты вращения n_e (угловой скорости w_e) коленчатого вала. M_e, N_e (w_e) и G_e – замеряются при стендовых испытаниях двигателя. N_e и g_e являются производными:

$$N_e = M_e \cdot n_e; \; g_e = \frac{G_e}{N_e}; \qquad (1.1)$$

Характерными точками внешней характеристики двигателя являются: номинальная частота вращения коленчатого вала $n_{eн}$, соответствующая наибольшей эффективной мощности двигателя N_e; частота вращения коленчатого вала $n_{eм}$, соответствующая максимальному крутящему моменту $M_{eмax}$ минимальная частота вращения коленчатого вала $n_{eмin}$, частота вращения коленчатого вала на холостом ходу n_{ex}; номинальный крутящий момент $M_{eн}$ (соответствующий крутящему моменту при n_{en}); максимальный крутящий момент $M_{eмax}$, максимальная мощность N_{emax}; минимальный часовой расход топлива на холостом ходу G_{emin}; часовой расход топлива при максимальной мощности G_{en}; минимальный удельный расход топлива g_{emin}.

Регуляторные характеристики ДВС принято строить не только в функции частоты вращения коленчатого вала, но и в функции мощности двигателя или его крутящего момента. Если с увеличением нагрузки на рабочем органе незначительно снижается скорость движения последнего, то характеристику привода называют жесткой. Силовая установка при этом сильно перегружается. Регулирующие возможности такого привода ограничены .

При мягкой характеристике привод имеет свойство саморегулироваться т.е. автоматически снижать частоту вращения вала двигателя, соответственно увеличивая крутящий момент, или увеличивать скорость при снижении нагрузки.

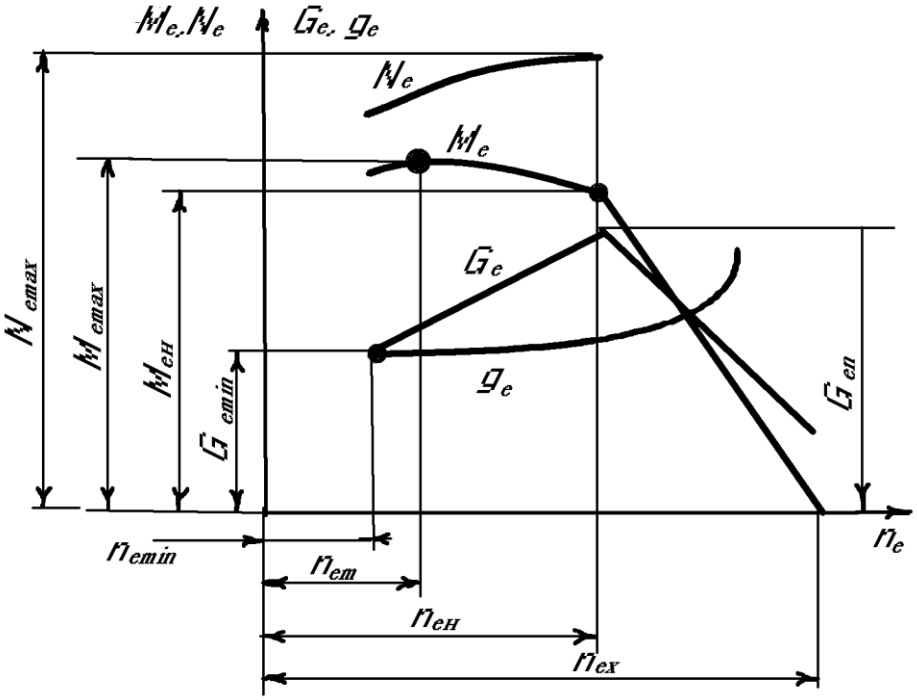

Рис. 1.2. Регуляторная характеристика дизеля

Возможность преодоления двигателем повышенных сопротивлений вращению коленчатого вала двигателя оценивается коэффициентом приспосабливаемости двигателя $K_{пр}$:

$$K_{пр} = \frac{M_{e\,\max}}{M_{ен}}; \qquad (1.2)$$

(у дизелей , не имеющих корректора подачи топлива, $K_{пр}$=1,00÷1,05, а при наличии корректора – $K_{пр}$=1,1÷1,2), или коэффициентом запаса крутящего момента $K_з$, который определяется с помощью следующей зависимости:

$$K_з = \frac{M_{e\,\max} - M_{ен}}{M_{ен}}; \qquad (1.3)$$

Важным показателем ДВС является эффективный КПД, который представляет собой отношение теплоты превращаемой в эффективную работу, к теплоте, которая могла бы выделиться при полном сгорании топлива. Эффективный КПД величина не постоянная: минимальные значения он имеет на малых и больших числах оборотов вала двигателя, а максимальные значения 26-28% для карбюраторных двигателей и 32-37% для дизелей достигает при средних числах оборотов.

На некоторых МЗР устанавливают электрические или комбинированные дизель-электрические приводы. Силовой установкой такого привода является генератор, питаемый от внешней сети, или агрегат, сочетающий дизельный двигатель с генератором. Генераторы питают электродвигатели постоянного или переменного тока, приводящие исполнительные механизмы рабочего оборудования.

Двигатели переменного тока просты в управлении, надежны и удобны в эксплуатации, могут кратковременно выдерживать большие перегрузки. Существенный недостаток электропривода с двигателями переменного тока состоит в том, что он не может саморегулироваться.

Электродвигатели постоянного тока наиболее приемлемы для приводов МЗР с тяжелым режимом работы. Многомоторные приводы по схеме «генератор-двигатель» Г-Д или ТГ- Д (трехобмоточный генератор-двигатель) с электромашинным или магнитным усилителем обеспечивают бесступенчатое регулирование скорости и полное использование мощности силовой установки при изменении нагрузок в широком диапазоне.

Гидравлическое силовое оборудование может быть гидрообъемным (гидравлические насосы, двигатели, силовые цилиндры) и гидродинамическим (гидромуфты и гидротрансформаторы).

Из насосов, служащих для преобразования механической энергии первичного двигателя в энергию тока рабочей жидкости, применяются аксиальные, роторно-поршневые, пластинчатые (лопастные) и шестеренные. Гидравлические приводы работают при давлении от 6,3 до 31,5 МПа и более. В качестве рабочих жидкостей в них используют масла: индустриальное М12А, веретенное А4, авиационное АМГ и всесезонное ВМГЗ.

Компрессорные (пневматические) силовые установки состоят из приводного ДВС или электродвигателя, компрессора и системы воздухоподготовки. Установки могут быть стационарные, а также переносные, прицепные и самоходные. Применяемые компрессоры по принципу действия разделяют на поршневые, ротационные и винтовые. Передвижные компрессорные установки, используемые для привода МЗР, как правило, выпускают производительностью до 10 м^3/мин при давлении до 0,8 Па.

1.2. Приводные устройства и силовые передачи

Трансмиссией называют систему устройств, посредством которых передается движение от силовой установки к механизмам и рабочим органам машины. Трансмиссии позволяют изменять по величине и направлению развиваемые силовой установкой скорости, крутящие моменты и усилия.

По способу передачи энергии трансмиссии МЗР подразделяют на механические, электрические, гидравлические, пневматические и комбинированные. Все они, кроме механических трансмиссий, имеют участки, на которых механическая энергия первичной силовой установки преобразуется в энергию других видов (электрического тока, рабочей жидкости, сжатого воздуха), а затем снова в механическую. В комбинированных трансмиссиях такое преобразование может происходить неоднократно. Любая трансмиссия представляет собой разомкнутую систему, имеющую вход и выход. Вход ее соединен с силовой установкой, а выход- с исполнительным механизмом рабочего органа. К основным параметрам входа и выхода относятся: момент $M_{вх}$ ($M_{вых}$) или усилие $P_{вх}$ ($P_{вых}$), угловая скорость $\omega_{вх}$ ($\omega_{вых}$) или линейная $V_{вх}$ ($V_{вых}$), а также мощность $N_{вх}$ ($N_{вых}$).

Показателем, оценивающим эффективность работы трансмиссии как системы является коэффициент полезного действия:

$$\eta = \frac{N_{вых}}{N_{вх}}; \ \eta = \frac{M_{вых} \cdot \omega_{вых}}{M_{вх} \cdot \omega_{вх}}; \ \eta = \frac{P_{вых} \cdot V_{вых}}{P_{вх} \cdot V_{вх}}; \qquad (1.4)$$

К важным показателям трансмиссии относится степень прозрачности. Под которой понимают ее способность передавать колебания внешней нагрузки силовой установке.

Механические трансмиссии подразделяют на редукторные и канатно-блочные. Первые представляют собой системы редукторов в сочетании с муфтами, тормозами и различ-

ными передачами (зубчатыми, планетарными зубчатыми, карданными, цепными, ременными и др.). Составными частями вторых служат лебедки и канатные полиспасты с направляющими блоками.

Редукторные трансмиссии могут передавать движения только на короткие расстояния. При относительно больших размерах передач (на экскаваторах) используются канатно-блочные трансмиссии.

Положительными качествами механических трансмиссий является относительная простота конструкций, сравнительно небольшая стоимость, а также достаточная надежность в работе. К их недостаткам следует отнести значительные потери энергии в муфтах и тормозах, зубчатых и других передачах, ступенчатое изменение скоростей и моментов, сложность компоновки передач при большом числе скоростей, затруднительность автоматизации управления рабочим процессом машины. Существенным недостатком механических трансмиссий является их полная прозрачность.

Значительный эффект дает совмещение механических трансмиссий с гидромеханическими. Последние обеспечивают быстрый разгон и торможение, хорошо гасят крутильные колебания, выполняют функции автоматических бесступенчатых коробок скоростей, согласовывают работу механизмов, получающих энергию от одного приводного двигателя.

Гидравлические трансмиссии. К гидравлическим трансмиссиям относят гидродинамические и гидрообъемные передачи.

Гидродинамические трансмиссии выполняют с гидромуфтами или гидротрансформаторами. Их особенность в отсутствии жесткой связи между ведущей и ведомой частями. Мощность предается за счет кинетической энергии рабочей жидкости, воздействующей на лопасти рабочих колес.

Гидромуфта состоит только из двух колес (рис. 1.3 *а*): ведущего (насосного) *3* и ведомого (турбинного) *2*. Первое соединяют с двигателем, второе – с ведомым элементом *1* трансмиссии. Оба колеса образуют замкнутое кольцевое пространство – рабочую полость, которую заполняют жидкостью. Лопатками насосного колеса, приводимого во вращение двигателем, жидкость отбрасывается к периферии рабочей полости и попадая на лопатки турбинного колеса, приводит его во вращение. Затем жидкость снова поступает к насосному колесу.

Гидромуфта не предназначена для преобразования величины и направления крутящего момента. Она может служить лишь надежной защитой механических трансмиссий и силовых установок МЗР от перегрузок.

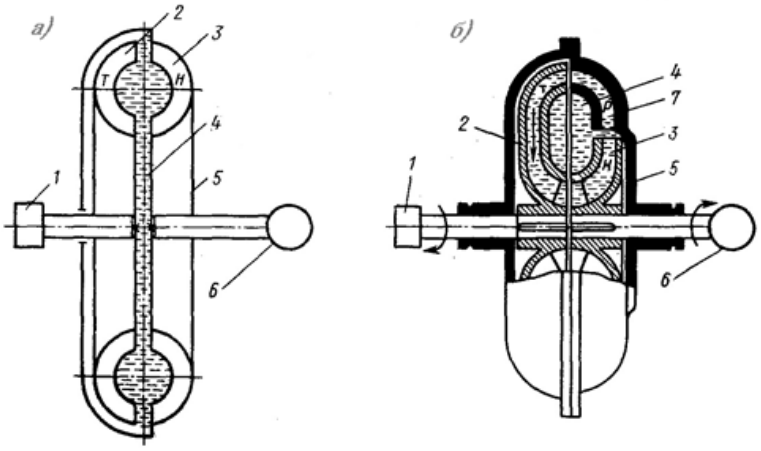

Рис. 1.3. Принципиальные схемы гидроднамических трансмиссий: *а* – гидромуфты; *б* – гидротрансформатора

Гидротрансформатор (рис. 1.3 *б*) состоит из 3-х рабочих элементов: насосного колеса *3*, закрепленного на ведущем валу, турбинного колеса *2*, жестко посаженного на ведомый вал и

неподвижного направляющего аппарата (реактора) *7*. Межлопаточные каналы этих рабочих элементов заполняют, как и в гидромуфте, циркуляционной жидкостью. Благодаря наличию направляющего аппарата при изменении внешней нагрузки в гидротрансформаторе преобразуется не только скорость вращения, но и крутящий момент. Коэффициент трансформации может меняться в пределах от 2 до 6.

Гидротрансформаторы в трансмиссиях МЗР могут выполнять роль бесступенчатых редукторов, плавно и автоматически изменяющих величины крутящих моментов. Гидротрансформатор надежно предохраняет двигатель от перегрузок. Однако из-за сравнительно низкого КПД гидротрансформатора возникает необходимость увеличивать мощность силовой установки на 10-15%, что снижает экономичность машины. Гидродинамические трансмиссии широко применяют на экскаваторах, самоходных скреперах, колесных бульдозерах и погрузчиках.

Более совершенны по сравнению с гидродинамическими трансмиссиями гидрообъемные трансмиссии. В конструкцию такой трансмиссии входят насосы, гидромоторы, гидроцилиндры, соединяющие их рабочие линии высокого и низкого давления, а также регулирующие и вспомогательные устройства.

По возможности регулирования различают трансмиссии нерегулируемые и регулируемые. В-последних, количество жидкости поступающей в гидродвигатель в единицу времени, может изменяться за счет изменения сопротивления участка трубопровода (дросселированием) и регулированием производительности насоса путем изменением рабочего объема (объемное регулирование).

По количеству насосов (потоков) различают трансмиссии однопоточные и многопоточные. В однопоточных питание гидродвигателей происходит от одного насоса или группы их, подающих жидкость в одну линию. В многопоточных гидродвигатели питаются двумя и более насосами, которые подают жидкость в несколько напорных линий.

Схему гидрообъемной трансмиссии с нерегулируемыми насосами и дроссельным регулированием скорости применяют в приводах рабочих органов и механизмов, движение которых имеет остановочный характер (привод подъема отвалов бульдозеров и автогрейдеров, ковшей скреперов и одноковшовых экскаваторов).

Закрытую схему с объемным регулированием скорости движения применяют для привода рабочих органов, постоянно работающих во время технологического цикла машин (привод рабочего хода экскаваторов непрерывного действия, многоковшовых погрузчиков и конвейеров, грейдер - элеваторов).

Применение насосов переменной производительности с регуляторами мощности позволяет автоматически изменять скорости рабочих органов в зависимости от внешней нагрузки. С увеличением скорости при уменьшении нагрузки повышается производительность машины. Уменьшение скорости при увеличении нагрузки снижает динамические нагрузки и повышает надежность машины.

1.3. Системы управления

Система управления МЗР представляет собой совокупность приборов и устройств, позволяющих контролировать работу элементов привода и воздействовать на него изменением величины и направления скоростей, моментов и усилий в соответствии с технологическим процессом.

Система управления должна обеспечивать надежную работу, быстроту приведения в действие рабочих органов, плавность их включения и выключения, безопасность работы, легкость и удобство работы оператора. Регулирование системы управления должно быть доступным, простым и надежным, а количество регулировок – минимальным. Положение органов управления машиной должно давать оператору представление о направлении движения рабочих органов. Так как системы управления приводятся в действие человеком, усилия,

прикладываемые к ним должны быть в пределах возможностей человека при условиях длительной, безопасной и не чрезмерно утомительной работы.

Усилие руки человека, управляющего машиной, не должно превышать 40 Н при ходе перемещаемого элемента системы не более 0,25 м; усилие на педали не должно быть более 80 Н при ходе до 0,2 м и угле поворота не более 60^0. Нужно также учитывать, что машинисту сложно достичь плавности включения, если усилие на рычаге меньше 1,5 Н, а ход его перемещения меньше 0,12 м. Поэтому при усилиях и ходе рычага нужных для управления машиной больше или меньше указанных пределов, следует применять специальные устройства для изменения этих усилий и хода. В связи с этим различают системы управления непосредственного действия или с усилителями(сервоприводом). Последние могут быть со следящими устройствами и без них.

Основными параметрами систем управления являются: усилия, развиваемые на исполнительном органе, скорость движения рабочего звена исполнительного органа, число и продолжительность включений в час, быстрота срабатывания и КПД.

Системы управления классифицируют по назначению, способу передачи энергии и степени автоматизации.

По назначению различают системы управления тормозами, муфтами, двигателями, установкой рабочего органа, движителями.

По способу передачи энергии системы управления бывают механическими (рычажными), электрическими, гидравлическими, пневматическими и комбинированными.

С учетом степени автоматизации системы управления подразделяют на неавтоматизированные, полуавтоматические и автоматические.

Гидравлические системы управления имеют положительные качества, как и гидравлические трансмиссии. К их недостаткам следует добавить резкость включения, что объясняется быстрым нарастанием давления рабочей жидкости. Плавное включение исполнительных органов обеспечивают пневматические системы управления. Давление в таких системах не превышает 0,7-0,8 МП. Вследствие сжимаемости воздуха продолжительность нарастания давления составляет 0,9-1,0 с (у гидравлических 0,2-0,3 с).

Механические, гидравлические и пневматические системы управления рассчитывают по формулам, используемых соответственно в расчетах механических, гидравлических и пневматических систем.

При полуавтоматической системе управления часть операций технологического процесса осуществляется механизмами без участия человека. При автоматической – роль оператора сводится к предварительной установке определенной программы (алгоритма), устранения неполадок по сигналам преобразователей (регулировка и ремонт механизмов), а также к пуску машины в работу или ее отключения.

Автоматизация МЗР ведется в основном по трем направлениям, обеспечивающим управление пространственным положением рабочих органов машин, оптимизацию наиболее энергоемких режимов работы машин и создание на основе лазерной техники комплексной автоматизированной системы управления технологическими процессами в строительстве.

Первое направление автоматизации содержит вопросы повышения планирующих свойств машин для получения заданных профиля и уклона поверхности. Это направление обеспечивается унифицированным рядом систем автоматики типа «Профиль» с микроэлектронными блоками управления, которые делятся на автономные, копирные и комбинированные.

Автономные системы обеспечивают контроль положения рабочих органов относительно вертикали с помощью бортовых датчиков обычно маятникового типа. В копирных системах, датчик, установленный на одной стороне машины по ходу контролирует положение рабочего органа в соответствии заданным профилем: по натянутому тросу, лучу лазера, точно построенной полосе дороги или бордюра.

В комбинированных системах, к которым относится и «Профиль-30», требуемый уклон рабочего органа в поперечной плоскости обеспечивается автономным датчиком, а его высотное положение по копирному устройству.

Второе направление автоматизации МЗР обеспечивает автоматизацию наиболее энергоемких технологических процессов, позволяющих максимально использовать тяговые возможности машин, снизить расход топлива, износ ходовой части, облегчить труд машиниста и т.п. Для оптимизации силового контура и регулирования рабочих процессов разработаны унифицированные системы типа «Режим». При этом изменение тягово-скоростных характеристик машин позволяет управлять нагрузкой при автоматическом заглублении и выглублении рабочего органа. Управляющим параметром может быть скорость машины, обороты двигателя или гидротрансформатора, угловое положение тяговой рамы или толкающего бруса, а также их сочетание в случае, например, буксования движителей. Стабилизация каждого из этих параметров осуществляется при заданных ограничениях на другие. В МЗР эта система может использоваться как автономно, так и совместно с системами «Профиль».

Третье направление автоматизации является наиболее прогрессивным и нацелено на совершенствование технологии и организации строительных работ путем создания на базе лазерной и микропроцессорной техники комплексной системы дистанционного программного или автоматического управления машинами, а также приборов оперативного контроля качества укладываемых дорожно-строительных материалов. Системы управления с помощью лазерной техники обеспечивают и контролируют требуемые высотные отметки, профильный и поперечный профиль возводимых земляных сооружений и укладываемых дорожно-строительных материалов для каждой машины, работающей в любой точке строительной площадки (комплект аппаратуры «Дорога»).

В связи с развитием комплексной автоматизации в последнее время все большее распространение в строительстве получают работы и различные манипуляторы. Под манипулятором понимают механизм, осуществляющий под управлением оператора действия, аналогичные действиям руки человека. Строительный манипулятор не имеет в своей системе управления никаких вычислительных устройств. Однако для обеспечения точного позиционирования в состав строительного манипулятора могут входить различные информационно-измерительные устройства (лазерные, телевизионные, радио анализаторные). Строительный робот – это манипулятор с системой автоматического управления, программирование которым осуществляется посредством специальной рукоятки управления.

1.4. Ходовое оборудование машин

Ходовое оборудование (движитель) МЗР – это устройство для ее передвижения в рабочем и транспортном режимах и устойчивого опирания на основание во время работы.

В зависимости от условий работы и назначения МЗР в них применяют следующие виды ходового оборудования: гусеничное, пневмоколесное, шагающее, рельсовое, плавучее и комбинированное. Наиболее распространено гусеничное и пневмоколесное ходовое оборудование (экскаваторы, бульдозеры, скреперы, автогрейдеры и др.). шагающее ходовое оборудование применяется при разработке грунтов и полезных ископаемых в карьерах экскаваторами–драглайнами, а также при гидромеханизации земляных работ (шагающие гидромониторы и землесосные установки). Комбинированное ходовое оборудование используют для многоковшовых экскаваторов.

Общие требования к ходовому оборудованию заключаются в обеспечении достаточной силы тяги, необходимых скоростей передвижения, возможно малой массы, плавности хода, минимальных сопротивлений движению, устойчивости машины при всевозможных ее положениях, высокой проходимости, надежности и удобства эксплуатации.

Особенность требований к ходовому оборудованию землеройно-транспортных машин заключается еще и в необходимости развивать силу тяги, достаточную для преодоления со-

противлений не только собственному передвижению, но и копанию. В то же время эти машины должны иметь значительные транспортные скорости, обладать достаточной маневренностью и мобильностью.

Перечисленным требованиям наиболее удовлетворяет пневмоколесное ходовое оборудование со специальными пневматическими шинами, обеспечивающими необходимое сцепление и тяговое усилие в условиях бездорожья.

Сравнительная характеристика основных типов ходового оборудования приведена в таблице 1.1.

Таблица 1.1. Сравнение основных типов ходового оборудования

Ходовое оборудование	Достоинства	Недостатки	Преимущественная область применения
Гусеничное	Универсальность; высокая проходимость; возможность преодоления больших уклонов (до 23^0); хорошая устойчивость; малое давление на основание (0,04-0,1 МПа).	Большая масса (с нижней рамой – до 30-40% массы машины); сложность конструкции и быстрый износ деталей; малые транспортные скорости.	На всех видах МЗР, не требующих больших и частных перемещений с большой скоростью.
Пневмоколесное	Высокая скорость передвижения (до 60 км/ч) относительно небольшая масса; высокая маневренность; малое сопротивление передвижению; простота конструкции; универсальность; удобство в эксплуатации.	Быстрый износ пневмошин при высокой стоимости; относительно высокое давление на основание (до 0,25 МПа) ограниченность нагрузки на колесо.	На всех видах МЗР малой и средней мощности, особенно на машинах, требующих больших и частых передвижений с большой скоростью и маневренностью.
Шагающее	Относительно небольшая масса (10-12 %) массы машины; высокая маневренность; низкое давление на основание (30 % от гусеничного); малое число быстроизнашивающихся деталей; устойчивость	Цикличность и малая скорость передвижения (0,08-0,6 км/ч); необходимость подъема всей машины при шагании; относительно высокое шаговое усилие при шагании (до 25-30 % силы тяжести машины).	Шагающие драглайны, отвалообразователи, гидромониторы и другие машины, работающие на основаниях с малой несущей способностью и не требующие больших собственных перемещений с большой скоростью.
Рельсовое (железнодорожное)	Направленность, достаточная скорость и плавность передвижения; малое сопротивление передвижению; незначительный износ элементов и деталей.	Необходимость и сложность устройства железнодорожных путей; малая маневренность; ограниченность нагрузки на колесо, значительные размеры ходовой части машины; малые величины коэффициента сцепления колес с рельсами и преодолеваемых уклонов (до 6 %). Неуниверсальность.	Многоковшовые цепные экскаваторы в карьерах.

Гусеничное ходовое оборудование. Ходовое оборудование этого вида может быть двух- и многогусеничным. Преимущественно распространены двухгусеничные системы при массе машины до 1000 т. У машин большой массы число гусениц достигает четырех, восьми и даже шестнадцати. Гусеничный движитель изобретен Д. Загряжским в 30-х годах XIX в.

Гусеничное ходовое оборудование состоит из движителя и подвески. Гусеничный движитель (рис. 1.4) включает гусеничную ленту *3*, раму *6*, приводное (ведущее) *5* и ведомое (натяжное) *1* колеса, опорные *7* и поддерживающие *2* катки. В некоторых случаях применяют гусеничные движители безрамной конструкции. В этом случае элементы движителя крепят к основной раме машины.

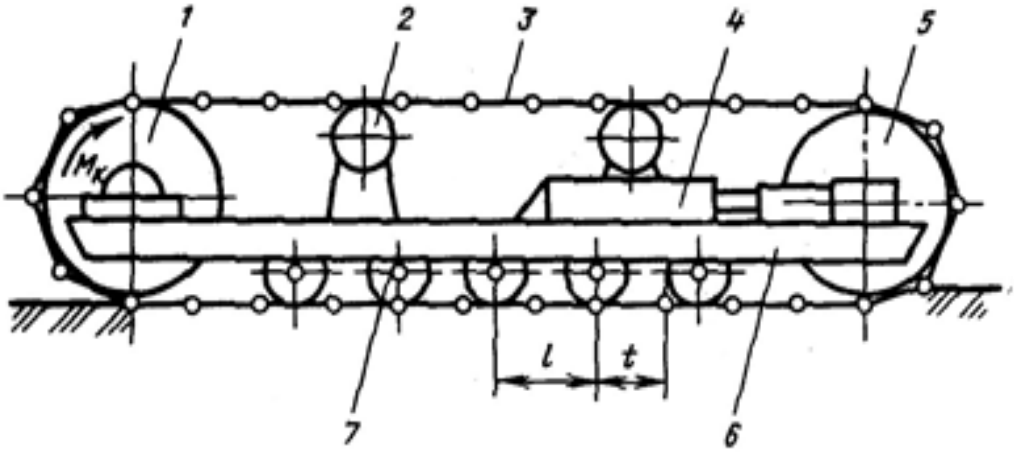

Рис. 1.4. Многоопорный гусеничный движитель с жесткой подвеской опорных катков

По конструкции гусеницы делят на многоопорные (рис. 1.5 *а*) и малоопорные (рис. 1.5 *б*), а по приспособляемости к неровностям поверхности передвижения – на жесткие и мягкие (гибкие) (рис. 1.5 *в, г*).

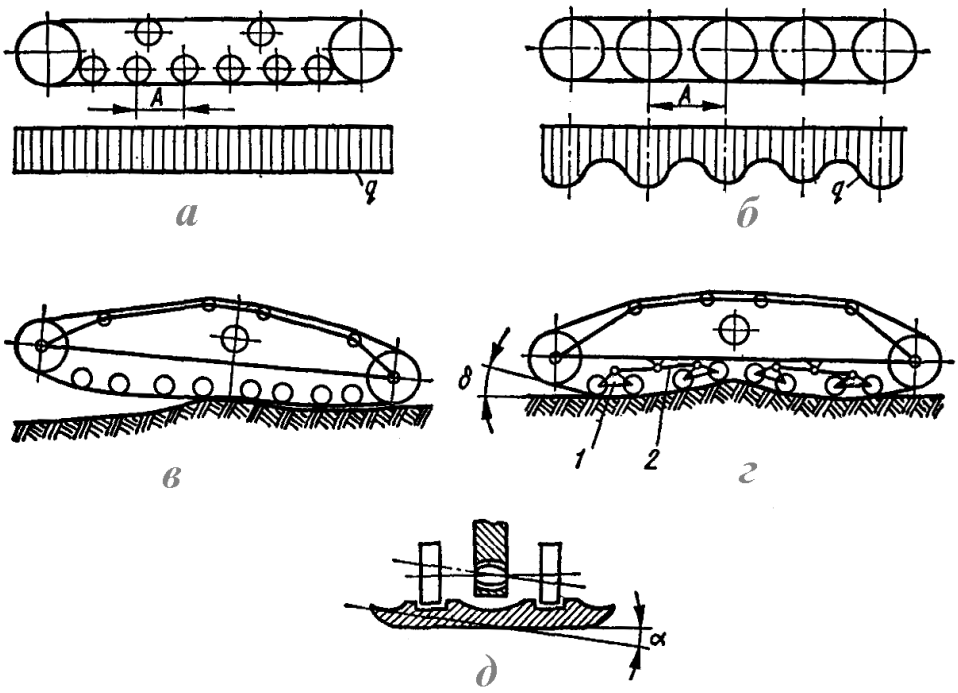

Рис. 1.5. Типы гусениц

Многоопорные гусеницы имеют сравнительно большое число катков небольшого диаметра непосредственно соединенных с гусеничной рамой. Этот тип подвески наиболее прост, дешев; он обеспечивает равномерное распределение давления на грунт, однако такую

подвеску применяют лишь при скоростях движения до 5 км/ч, т.к. жесткая гусеница не приспосабливается к неровностям и не амортизирует толчки и удары при езде по неровной поверхности. Многоопорные гусеницы чаще всего применяют для экскаваторов, работающих на грунтах слабых и средней крепости.

Малоопорные гусеницы отличаются малым числом опорных катков большого диаметра и определенной неравномерностью распределения давления на основание по их длине. Они лучше преодолевают препятствия и лучше приспосабливается к неровностям поверхности. Этими качествами обладают и многоопорные гусеницы, у которых опорные катки малого диаметра соединяют в балансирные тележки (мягкая многоопорная гусеница) или вводят демпфирующие устройства - пружины и рессоры.

Для работы машин на грунтах со слабой несущей способностью начинают применять конструкцию гусеничного ходового оборудования с резинометаллической гусеницей. Такая гусеница, представляет собой специальную резиновую ленту, армированную высокопрочной проволокой со штампованными звеньями. Она имеет меньшую массу, лучше приспосабливается к грунтовым условиям, что значительно улучшает проходимость машины.

Конструкция механизма передвижения зависит от типа привода, скорости и маневренности машин. В гусеничных тракторах и быстроходных землеройных машинах на гусеничном ходу (рис. 1.6 *а*) для включения и выключения гусениц и изменения их линейных скоростей служат бортовые фрикционы, причем во многих конструкциях левую и правую гусеницы включают в разные стороны, что дает возможность совершать поворот машины на месте. Такие же возможности имеют машины с индивидуальным приводом гусениц (рис. 1.6 *в*).

В тихоходных машинах на гусеничном ходу (одноковшовые экскаваторы с механическим приводом) ведущие колеса приводятся во вращение зубчатыми и цепными передачами (рис. 1.6 *б*) включают и выключают их кулачковыми муфтами, что возможно лишь при остановке машины.

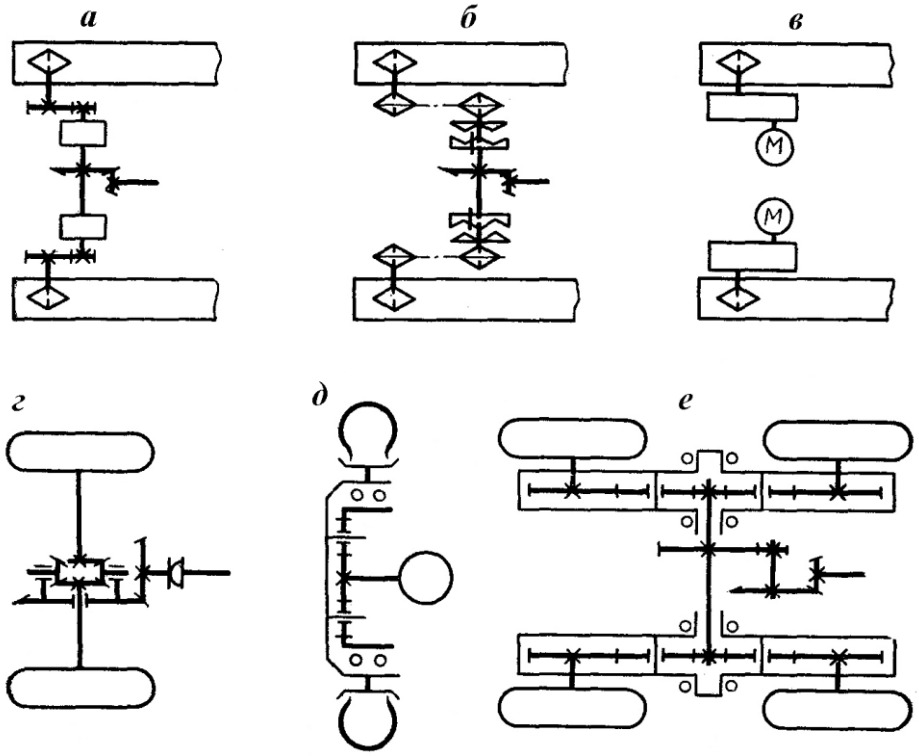

Рис. 1.6. Механизмы передвижения гусеничных и колесных машин

У гусеничного ходового оборудования из-за относительно большого числа трущихся деталей сопротивление передвижению машины в значительной степени зависит от внутрен-

него сопротивления гусениц, которое слагается из сил сопротивления в подшипниках опорных катков, ведущих и направляющих колес, катанию опорных катков, изгибанию гусеничных цепей на ведущих и направляющих колесах, движению верхней части цепи по поддерживающим каткам.

Пневмоколесное ходовое оборудование. Пневмоколесное ходовое оборудование состоит из колес с пневматическими шинами, установленных на мосты и оси. У большинства МЗР имеется четырехколесное двухосное ходовое оборудование. В конструкциях автогрейдеров, одноковшовых экскаваторов, катков и других машин, имеющих большую массу, применяют ходовое оборудование с 6-8 колесами.

Важной характеристикой колесной машины является колесная формула, состоящая из двух цифр: первой цифрой, обозначают число всех колес, второй – число приводных (ведущих). Наиболее распространены машины с колесными формулами 4х2 (экскаваторы, бульдозеры, погрузчики, бурильно-крановые машины), 6х4 и 6х6 (автогрейдеры).

На свойства пневмоколесного ходового оборудования существенно оказывает влияние конструкция шины, которая представляет собой резинотканевую оболочку на ободе колеса машины с заключенным в ней сжатым воздухом (рис. 1.7). Пневматическая шина изобретена в 1845 году. В 90-е годы XIX века появилась шина, состоящая из покрышки и камеры. На одной машине обычно используют шины одного типоразмера, поэтому нередко на более нагруженных осях (обычно задних) устанавливают сдвоенные колеса.

С целью снижения давления на грунт используют шины большого диаметра и широкопрофильные, а также арочные, устанавливаемые вместо сдвоенных колес. Такие шины повышают проходимость и тяговые качества машины.

Различают камерные и бескамерные пневматические шины. Последние по сравнению с камерными обладают большими надежностью и безопасностью движения. Они имеют повышенную прочность и лучший теплообмен через обод колеса, поэтому срок службы их больше, чем у камерных шин, примерно на 20%.

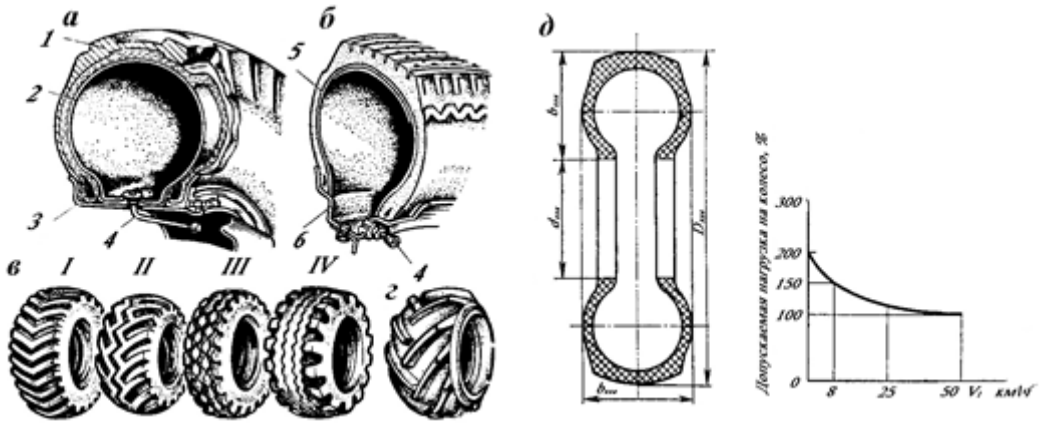

Рис. 1.7. Типы шин: *а* – камерные; *б* – бескамерные; *в* – типы протекторов; *I* – для земляных работ; *II* – для работы в каменных карьерах; *III* – противобуксующие; *IV* – универсальные; *г* – арочные; *д* – основные размеры; *е* – зависимость допустимой нагрузки на колесо от скорости движения; *1* – покрышка; *2* – камера; *3* – ободная лента; *4* – вентиль; *5* – полость покрышки; *6* – герметичный обод

Марка шины обычного профиля состоит из двух цифр со знаком тире между ними. Первое число – ширина профиля $b_{кол}$ (рис. 1.7 *д*), второе – диаметр шины, измеряемый в миллиметрах или дюймах (например, шина 320-508 или 1200-20").

В обозначение широкопрофильной шины входят три числа в миллиметрах: наружный диаметр $Д_{кол}$, ширина профиля $b_{кол}$ и диаметр обода $d_{кол}$ (1500х660х635).

По внутреннему давлению воздуха пневматические шины разделяют на шины высокого (0,35÷0,55 МПа), низкого (0,12÷0,25 МПа) и сверхнизкого (0,05 ÷0,08 МПа) давления.

Шины обычного профиля работают как правило, при давлении 0,35-0,55 МПа и, в зависимости от размера при скорости движения 50 км/ч, допускают номинальную нагрузку 40-150 кН. Широкопрофильные шины работают обычно при давлении 0,2-0,4 МПа при номинальных нагрузках 30-370 кН.

В последние годы увеличивается выпуск машин с регулированием давления воздуха в шинах, которое можно производить из кабины машиниста даже при движении машины. При передвижении машин по рыхлому или влажному грунту давление воздуха в шинах снижают, что уменьшает давление на грунт, улучшает проходимость и тяговые качества машины. При передвижении машины по твердому покрытию давление воздуха в шинах повышают, что позволяет уменьшить сопротивление передвижению и увеличить срок службы шин.

Пневмоколесное ходовое оборудование МЗР может иметь привод механический, гидравлический, электрический и комбинированный.

Наиболее распространен привод ведущих колес, объединенных в мосты попарно через дифференциалы (рис. 1.6 *г*).

На автогрейдерах применяют привод (рис. 1.6 *е*) сдвоенных задних колес, объединенных попарно бортовыми цилиндрическими редукторами. Корпуса редукторов могут качаться относительно рамы машины, что улучшает сцепление с грунтом и повышает планирующую способность автогрейдера.

Мотор – колесо (рис. 1.6, *д*) представляет собой автономный блок, состоящий из гидромотора, муфты, редуктора, тормоза и колеса. Применение мотор-колесо упрощает конструкцию трансмиссии за счет исключения коробок передач, раздаточных коробок, мостов, карданных валов, облегчает компоновку машины, увеличивает ее проходимость и маневренность, так как каждое колесо может быть приводным и поворотным.

Нагрузки на колеса МЗР определяют по развесовке порожней и груженой машины в транспортном положении и в режиме копания грунта. Шины выбирают по наиболее нагруженным колесам. Следует отметить, что при снижении скорости движения колеса в 2 раза (против 50 км/ч) допускается перегрузка шины в 1,1-1,2 раза и при статистическом нагружении допускается в 1,6-1,9 раза по сравнению с номинальной нагрузкой.

В тяговых расчетах машин с пневмоколесным ходовым оборудованием определяющее значение имеют три фактора взаимодействия грунта и колеса с пневматической шиной: сопротивление качению, скольжение и сцепление.

Сопротивление качению зависит от модуля деформации грунта, уменьшаясь с его увеличением, и от скорости восстановления упругой деформации грунта: чем она больше, тем меньше сопротивление. Сопротивление качению снижается при повышении эластичности каркаса и увеличении радиуса пневматической шины.

1.5 Вибрационные и вибровозбудительные устройства

Вибрационные и вибровозбудительные устройства нашли широкое применение при уплотнении несвязных грунтов слоями 0,4…0,8 м эта глубина увеличивается в 1,5 раза, а с увеличением толщины уплотняемого слоя до 0,8…1,2 м – в 1,2 раза. При уплотнении связных грунтов наиболее целесообразна толщина слоя 0,6…0,8 м.

Для уплотнения несвязных и слабосвязных грунтов на ограниченных поверхностях применяют вибрационные поверхностные уплотнители (виброплиты). Грунт уплотняют плитой-поддоном *1* (рис. 1,8, *а* и *б),* которой сообщаются колебания, генерируемые двухдебалансным вибратором *2*.

Принцип работы двухдебалансного вибратора направленного действия показан на рис. 1.8, *д*. При вращении дебаланса массой m с угловой скоростью ω и смещении центра масс от оси вращения (эксцентриситете) r центробежная сила составит $P=m\omega^2r$. Два дебаланса с одинаковыми параметрами смонтированы в одном корпусе и им сообщается встречное вращение. Результирующая центробежных сил (вынуждающая сила) будет равна $tPQ\cdot=\varphi\cos2$ и

направлена перпендикулярно плоскости осей вращения дебалансов. Составляющие центробежных сил в этой плоскости взаимно уравновешиваются.

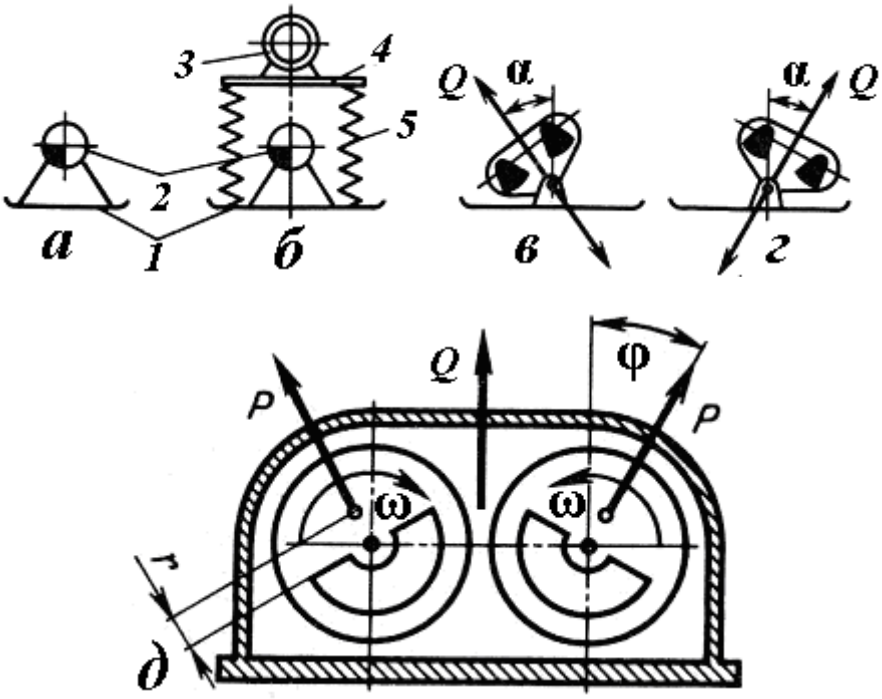

Рис. 1.8. Вибрационные механизмы: *а* – одномассная; *б* – двухмассная; *в, г* – схемы перемещения виброплиты; *д* – принцип работы вибратора направленного действия

Вибратор обычно устанавливают на поддоне, а приводящий его двигатель *3* или на том же поддоне, или на специальном подрамнике *4,* опирающемся на поддон через пружины *5* или резиновые амортизаторы. Первую схему называют *одномассной*, а вторую *двухмассной*. Благодаря мягкой подвеске верхняя часть двухмассной виброплиты (рис. 1.8, *б*) не участвует в колебаниях, но воздействует на грунт своей силой тяжести, что улучшает условия работы двигателя, а также снижение до минимума инерционных потерь энергии. В среднем подпружиненная масса составляет 40…50% общей массы виброплиты. При двухмассной виброплите вращение дебалансам передается от двигателя через гибкую, обычно клиноременную передачу с автоматическим обеспечением заданного натяжения ремней.

При одномассной виброплите вибратор устанавливают на ее поддоне на шарнире с возможностью его отклонения вручную и фиксации в заданном положении. При наклоне вибратора на угол *α* от вертикали возникнет горизонтальная составляющая вынуждающей силы. Если эта составляющая превзойдет сопротивление передвижению виброплиты, то плита начнет перемещаться в направлении отклонения вибратора от вертикали (рис. 1.8, *в* и *г*). Управляет виброплитой оператор с помощью рычагов, установленных на дышле, которое соединено с плитой также через амортизаторы. Поворотом дышла изменяется направление самопередвижения виброплиты. Виброплиты транспортируют на специальных тележках, буксируемых трактором или автомобилем.

Современные виброплиты производительностью 300…900 м^2/ч массой 150…1400 кг уплотняют грунт на глубину 0,3…1 м.

На эффективность виброуплотнения грунта существенно влияет его влажность. Наименьшая продолжительность уплотнеия соответствует влажности грунта, превышающей стандартную на 10…20%. С уменьшением влажности эффект уплотнения снижается, и при ее значении, составляющем 70…80% оптимальной для стандартного уплотнения, довести грунт до плотности этим способом практически не удается. 95,0у=*k*

Машина приспособлена для грунтоуплотнительных работ в тесных местах на ограниченной площади. Она может поворачиваться на месте в обе стороны, перемещаться задним ходом.

С возрастанием вынуждающей силы виброуплотнение может перейти в вибротрамбование с отрывом рабочего органа от уплотняемой поверхности грунта и частыми ударами по ней. Этот переход осуществляется при отношениях вынуждающей силы к силе тяжести рабочего органа от 0,7…1 при частоте колебаний 12…25 Гц до 1,4…2,3 при частоте 50…85 Гц. В случае уплотнения несвязных грунтов этим отношениям соответствуют амплитуды, равные 0,3…0,4 мм.

Для привода вибратора двигатель (карбюраторный, дизель, реже электрический) выбирают по мощности, удельное значение которой (на 1 т массы виброплиты) принимают от 7…10 кВт/т при частоте 20 Гц до 22…35 кВт/т при *частоте* 75…90 Гц.

1.6. Рабочие органы машин и их взаимодействие с грунтом

Общие сведения о грунтах. Грунтами называют поверхностные слои земли, образованные в результате выветривания горных пород.

Как физическое тело грунты в общем случае представляет собой многокомпонентную систему, состоящую из твердой фазы (скелета грунта), жидкой (воды) и газообразной (паров и газов). В состав мерзлых грунтов входит еще и лед. Грунты делятся на скальные (сцементированные с пределом прочности не менее 5 МПа: граниты; песчаники; известняки и т. п.); полускальные (сцементированные породы с пределом прочности до 5 МПа: мергели, окаменевшие глины, гипсоносные конгломераты и т. п.); крупнообломочные (куски скальных и полускальных пород); песчаные (несцементированные мелкие частички разрушенных горных пород размером от 0,05 до 2 мм); глинистые (размером менее 0,005 мм).

Помимо приведенной классификации грунты распределяют для производственных целей по группам в зависимости от трудности их разработки.

В СНиПе грунты разделены на одиннадцать групп трудности разработки, из которых машинная разработка предусматривается только для первых восьми категорий (вручную могут разрабатываться грунты всех категорий). Категории грунтов различают по их наименованиям и плотности. Применяется также классификация грунтов по времени бурения в них шпура глубиной 1 м. Согласно этой классификации грунты делят на одиннадцать категорий, из которых первыми тремя охватываются песчаные и глинистые, а остальными - полускальные и скальные грунты. Одна из распространенных классификаций грунтов основывается на использовании плотномера ДорНИИ. Прибор представляет собой цилиндрический стержень сечением 1 см^2, на который надета гиря, массой 2,5 кг. Падая с высоты 0,4 м, гиря ударяется об упорную шайбу на стержне, заставляя его внедряться в грунт. Числом ударов гири или, что равнозначно работой для погружения стержня на 10 см, оценивается крепость грунта.

Физико-механические свойства грунтов. По физико-механическим свойствам грунты различают в зависимости от признаков петрографии и условий залегания (минеральный состав, структура и текстура грунтов); физического состояния (гранулометрической состав, пористость, влажность, температура, теплопроводность, разрыхляемость и уплотняемость); содержащейся в них воды (пластичность, размокаемость, набухаемость, водопроницаемость, липкость); механических свойств (сцепление, сопротивление сжатию, растяжению, сдвигу, резанию, нажатию, внешнему и внутреннему трению, образивность, несущая способность).

В инженерных расчетах при проектировании МЗР чаще всего используются следующие характеристики грунтов: плотность ρ (отношение массы грунта при естественной влажности грунта к его объему); разрыхляемость, которая определяется коэффициентом разрыхления грунта κ_p, представляющим собой отношение объема V_p разрыхленного грунта к объему

грунта в его естественном залегании V, т.е. $(\kappa_p = \frac{V_p}{V})$; коэффициенты удельного сопротивления грунта резанию (κ) и копанию (κ_1), определяемые как отношение усилий затрачиваемых на резание P_p или копание $P_к$ грунта к площади вырезаемой стружки F, т.е. $\kappa = \frac{P_p}{F}$; $\kappa_1 = \frac{P_к}{F}$; коэффициент внешнего трения (грунта о сталь) $\mu_1 = tg\ \varphi_1$, (φ_1 угол трения грунта о сталь, который в условиях взаимодействия с рабочим органом машины составляет от 15 до 30^0, а μ_1 – соответственно от 0,27 до 0,57); коэффициент внутреннего трения (грунта о грунт) $\mu_2 = tg\ \varphi_2$ (φ_2 – угол внутреннего трения, который в зависимости от влажности грунта может иметь значения от 28 до 45^0, а μ_2 – соответственно от 0,53 до 1).

Способы разработки грунтов. Разработка грунтов всегда начинается с их разрушения, поэтому в МЗР целесообразно воплощать такие принципы воздействия на грунты, которые соответствовали бы наименьшей энергоемкости их разрушения.

Различают три основных способа разработки грунтов: механический, гидравлический и взрывной.

Механическое разрушение осуществляется сосредоточенным силовым воздействием рабочего органа (ножа, ковша, отвала и др.) на грунтовый массив. Энергоемкость разработки песчанистых и глинистых грунтов этим способом составляет от 0,05 до 0,3 кВт· ч/м^3.

Гидравлическое разрушение производят размывом грунта напорной струей воды или всасыванием его со дна водоема в смеси с водой.

Для разработки грунта в этом случае требуется до 4 кВт· ч/м^3 энергии и 50-60 м^3 воды на 1 м^3 грунта.

Взрывное разрушение происходит под давлением газов, выделяющихся при воспламенении взрывчатого вещества, которое закладывают в специально пробуренные в грунте скважины (шпуры) или прорезанные узкие щели или траншеи. Кроме названных, известны также физические и химические способы разработки грунтов.

К физическим способам относят воздействие на грунты ультразвука, тока высокой частоты, температурных изменений (прожигание, оттаивание).

Химическое разрушение осуществляется переводом грунтов в жидкое или газообразное состояние.

Применяют также комбинированные способы разрушения грунтов: гидромеханический, термомеханический, термопневматический, электрогидравлический, газомеханический, взрывомеханический, взрывогидравлический, электротермический.

Гидромеханический способ применяют в землесосных снарядах, где разрушение грунта производят механически, например, фрезой.

Термомеханический и термопневматический способы находят применение в термобурах. При термомеханическом способе разрушение грунта происходит путем прогрева его высокотемпературной газовой струей и дальнейшего разрушения термоослабленного слоя грунта режущим инструментом. При термопневматическом бурении разрушение и удаление из скважины грунта обеспечивается только высокотемпературной газовой струей. Газовые струи в термобурах образуются при сгорании жидкого топлива и окисления (кислорода, воздуха и др.). их температура достигает 1800-2000^0 С, а скорость 1400 м/с.

Электрогидравлический способ разрушения грунтов основан на использовании эффекта ударной волны, образующейся в искровом разряде в жидкости. На этом принципе работают электрогидравлические установки для дробления валунов и негабаритных камней, образующихся при взрывном способе разрушения грунтов.

Газомеханический способ разрушения грунтов осуществляется путем подачи импульсами или непрерывным потоком газов под давлением в зону режущей кромки рабочего орга-

на (отвала, ковша), которые разрыхляют грунт и уменьшают сопротивление движению рабочего органа.

Наиболее распространен механический способ разрушения, посредством которого выполняют 85-90 % всего объема земляных работ. Достаточно широко применяются также гидравлический и взрывной способы. Физический и химический способы находятся еще в стадии освоения.

Типы рабочих органов машин для земляных работ. Конструкция рабочего органа машины для земляных работ определяется в первую очередь его технологическими функциями, которыми могут быть отделение от массива кусков или слоя (стружки) грунта, захват грунта, отделившегося от массива, его накопление, удержание при переносе, укладка или погрузка, планировка, перемещение по поверхности, уплотнение, продавливание и т. п.

Рабочие органы машин для земляных работ различают по виду режущей кромки. Режущая кромка (рис. 1.9) может иметь вид прямого клина *1*, косого клина *2*, диска *3*, совка *4* или периметра *5*. Кроме этого, режущие кромки могут иметь зубья для разработки прочных грунтов.

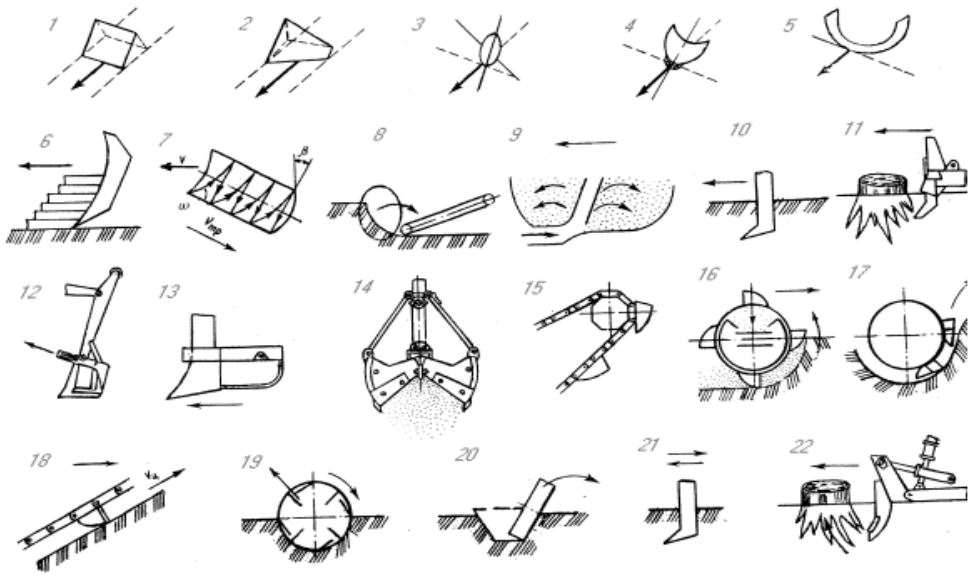

Рис. 1.9. Типы рабочих органов землеройных машин

По способу перемещения грунта рабочие органы делятся на три группы: отвального типа, ковшового и скребкового. Рабочие органы отвального типа, как правило, имеют режущую кромку в виде прямого или косого клина, сочетающегося с отвальной поверхностью криволинейного очертания (рис. 1.9: рабочие органы бульдозеров *6*, автогрейдеров *7*, грейдер - элеваторов *8* и др.).

У рабочих органов ковшового типа имеются режущие кромки, оснащенные зубьями или без них (прямая, обратная лопата *12*, драглайн *13*, грейфер *14*, многоковшовые экскаваторы *15, 16, 17*, скрепер *9*). Траектории движения ковшей во время заполнения могут быть прямолинейными, как у драглайна *13* и цепного органа *15*, или криволинейными, как у одноковшовых экскаваторов *12* или роторных *16, 17*. Бесковшовые рабочие органы срезают грунт, не перемещая его, а для транспортирования его служат специальные средства, как например, лопатки скребкового цепного рабочего органа *18* или выбросные лопатки ротационного рабочего органа *19*.

По способу действия рабочие органы различают как пассивные, так и активные. К первым (поз. *6-11* на рис. 1.9) относят такие, которые при работе не перемещаются по отношению к машине, рабочие же усилия возникают от энергии, подводимой к движителю машины.

Рабочие органы активного действия (поз. *12-19* на рис. 1.9) при работе перемещаются по отношению к машине и приводятся в движение двигателем машины непосредственно, минуя движитель.

Применяются и рабочие органы комбинированного действия (поз. *20-22* на рис. 1.9), которые для выполнения рабочего процесса кроме энергии, сообщаемой движителем, реализуют одновременно энергию, получаемую непосредственно от первичного двигателя (плужно-роторный рабочий орган *20*, рыхлитель с вибровозбудителем *21*, корчеватель активного действия *22*).

Сопротивление грунтов резанию и копанию. Под резанием грунтов подразумевается процесс отделения от грунтового массива кусков или слоев (стружки) грунта рабочим органом, имеющим форму клина (рис. 1.10), ограниченного передней *1* и задней *3* гранями. Линию пересечения этих граней называют режущей кромкой. Основными параметрами режущего клина являются угол υ заострения, угол δ резания и задний угол θ. Внедряясь в грунт и двигаясь вперед, режущий клин отделяет его часть, называемую стружкой. Форма и размеры последней зависят от вида разрабатываемого грунта (рис. 1.11).

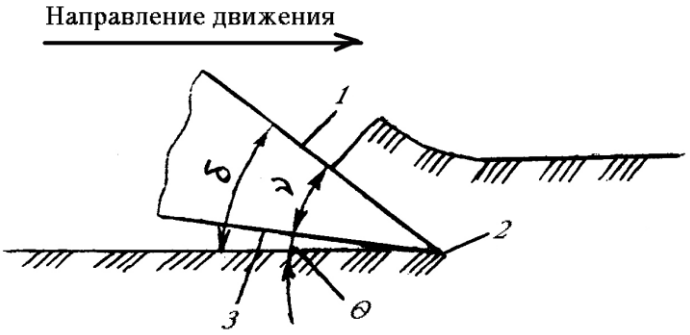

Рис. 1.10. Параметры режущего клина

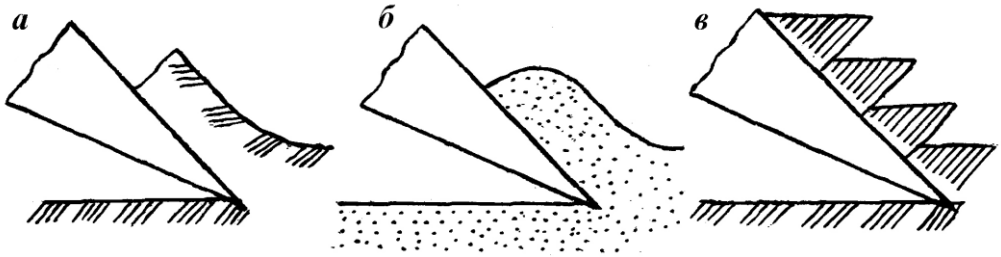

Рис. 1.11 Характерные формы грунтовых стружек при разработке пластичных (*а*), сыпучих (*б*) и скалывающихся (*в*) грунтов

В зависимости от положения режущего инструмента в грунтовом массиве различают следующие разновидности резания: блокированное (рис. 1.12, *а*), с одной (рис. 1.12, *б*) и двумя (рис. 1.12, *в*) поверхностями бокового среза, полублокированное (рис. 1.12, *г*) и свободное (рис. 1.12, *д*).

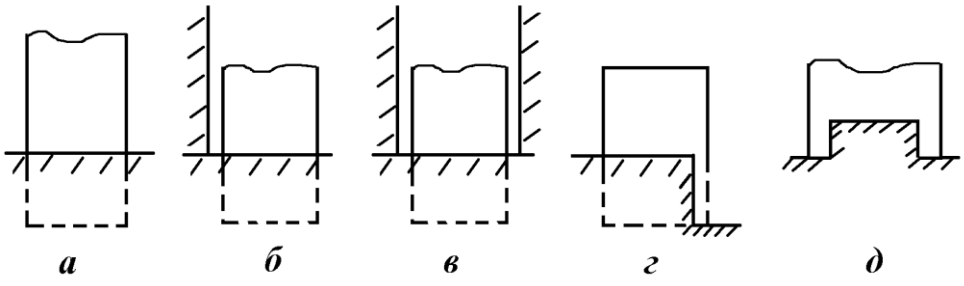

Рис. 1.12. Виды резания грунта

В процессе блокированного резания грунт разрушается в пределах прорези (см. рис. 1.13), ширина которой на поверхности существенно больше ширины ножа *b*. На некоторой глубине h_1, которая меньше глубины резания *h*, прорезь расширяется и ее боковые поверхности образует с поверхностью массива определенный угол *γ*, зависящий от вида грунта и его состояния.

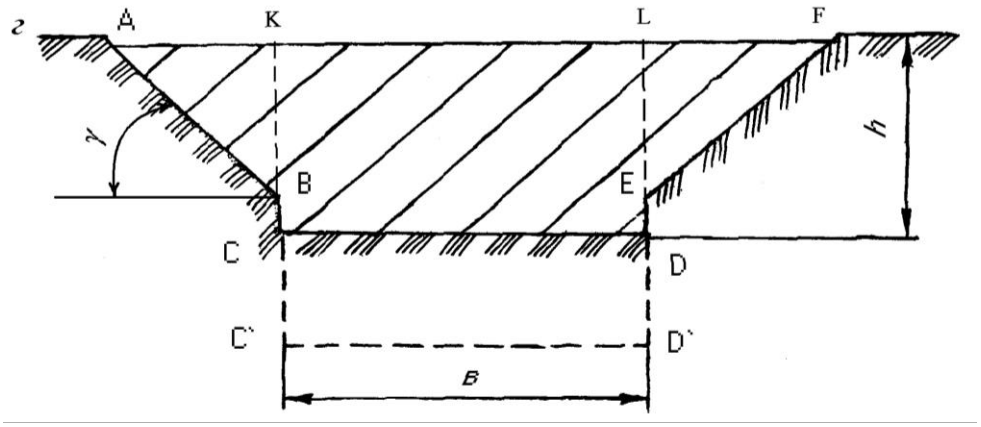

Рис. 1.13. Поперечное сечение прорези после проходки режущего клина

Зависимость силы резания от ширины среза имеет характер линейной функции, а от толщины среза (глубины резания) – ускоренно возрастающей функции.

Такого рода закономерности сохраняются до определенного соотношения между шириной и толщиной среза, соответствующего критической глубине $h_{кр}$ резания. При $h>h_{кр}$ форма прорези ABC_1D_1EF изменяется, в основном, только глубина центральной части прорези, а *AB* и *EF* по верхней части практически не изменяется. Критической глубине резания, как правило, соответствует наименьшая энергоемкость резания, которая характерна и для свободного резания (при блокированном и полублокированном резании сопротивление грунта резанию всегда выше).

При копании рабочий орган воздействует на грунт силой *P* (рис. 1.14) преодолевая сопротивление грунта P_0. Касательную составляющую последнего P_{01} (кН) на направление движения рабочего органа, численно равную касательной силе копанию P_1, определяют по формуле:

$$P_{01} = к_1 \cdot в \cdot h; \qquad (1.5)$$

где $к_1$- удельное сопротивление грунта копанию, кПа, включающее в себя сопротивление грунта резанию, сопротивления от сил трения при перемещении призмы грунта и заполнении ковша.

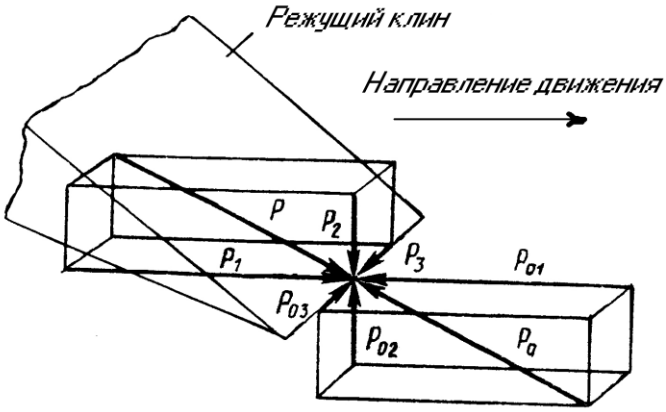

Рис. 1.14. Схема силового взаимодействия землеройного рабочего органа с грунтом

Нормальная составляющая сопротивления грунта копанию (кН):

$$P_{02} = \varphi \cdot P_{01}; \tag{1.6}$$

где φ – коэффициент пропорциональности.

Боковая составляющая сопротивления грунта копанию P_{03}, численно равная боковой силе копания P_3, возникает лишь в случае разработки неоднородных по ширине режущей кромки грунтов, а также когда режущая кромка наклонена под углом, отличным от прямого – косое резание.

В случае необходимости выделения из усилия P_1 силы резания P_p ее абсолютное значение (кН) определяется выражением:

$$P_p = \kappa \cdot b \cdot h; \tag{1.7}$$

где κ – удельное сопротивление грунта резанию, кПа, которое по величине меньше значений κ_1.

На сопротивление грунта резанию большое влияние оказывает износ и затупление режущей кромки. Допускаемый на практике износ режущей кромки может вызывать увеличение силы резания до 200 %.

Нормативным износом считается затупление, радиус которого 2-3 мм для ковшей малой вместимости (до 1 м^3) и 7-10 мм для ковшей вместимостью (50-100 м^3).

Для уменьшения затупления применяется наплавка передней грани режущей кромки твердыми сплавами и армирование передних граней твердосплавными высокоизносостойкими пластинами.

На силы резания значительно влияет угол резания δ: увеличение его от 40 до 60% и уменьшение (менее (30%) сопровождается ростом сопротивления грунта резанию). Наиболее употребительными для землеройных машин являются углы резания δ=30÷40^0.

Скорость резания. Обычными для землеройных машин являются скорости резания порядка 0,5-2,0 м/с. В этих пределах изменения скоростей удельное сопротивление копанию существенно не изменяется. При увеличении скорости резания до 6-9 м/с (ротационные рабочие органы с инерционным выбросом грунта) энергоемкость процесса копания возрастает на 30÷50%.

Установка зубьев. Зубья на режущей кромке рабочих органов МЗР устанавливают для получения опережающего сдвига и разрыхления грунта. Но в сыпучих и вязких грунтах применение режущего органа с зубьями может привести к отрицательным результатам. Зубья,

снижающие сопротивление резанию плотных скалывающихся грунтов, ухудшают условия перемещения их в ковш, т. к. для подпора разрыхленного грунта требуется большая призма волочения.

Снижение энергоемкости процесса копания можно получить при установке на рабочем органе МЗР полукруглой режущей кромки вместо прямоугольной. Такая кромка способствует прохождению грунта по рабочей поверхности без образования призмы волочения. Полукруглая режущая кромка более прочная по сравнению с прямоугольной, а, следовательно, и более тонкая. Благодаря этому ковш лучше внедряется в грунт, который непрерывным потоком заполняет его.

Процесс резания грунта рабочим органом МЗР неизбежно сопровождается трением последнего о грунт, взаимным трением грунта и перемещением призмы волочения. Трение происходит и по рабочей поверхности режущего инструмента при заполнении емкости, разгоне грунта до скорости его перемещения, а также при внедрении режущего инструмента в грунт. Сумма всех указанных сопротивлений составляет сопротивление грунта копанию (совокупность процессов, включающих в себя резание грунта, перемещение его по рабочему органу, внутри его и перед ним и др.)

$$P_к = P_{01} + P_{тр} + P_{пр} + P_3 + P_4 + P_в; \qquad (1.8)$$

где $P_{тр}$ – сопротивление трения рабочего органа о грунт;

$P_{пр}$ – сопротивление перемещения призмы волочения;

$P_з$ –сопротивление, возникающее при заполнении грунтом емкости рабочего органа;

P_4 – сопротивление грунта разгону обусловленное инерционным нагрузкам;

$P_в$ – сопротивление внедрению в грунт режущего инструмента.

1.7 Моделирование рабочих процессов машин

Исходными материалами для моделирования рабочего процесса машины могут быть следующие:

- техническое задание, выдаваемое планирующей организацией или заказчиком, и определяющие параметры машин, область и условия ее применения;
- техническое предложение, выдвигаемое в инициативном порядке проектной организацией или группой конструкторов;
- научно-исследовательская работа или созданный на ее основе экспериментальный образец:
- изобретательское предложение или созданный на его основе экспериментальный образец;
- образец зарубежной машины, подлежащий копированию или воспроизведению с изменениями.

Не всегда учитывают то обстоятельство, что с момента начала проектирования до срока внедрения машины в промышленность проходит определенный период, как правило, тем более длительный, чем сложнее машина. Этот период складывается из следующих этапов: проектирования, изготовления, заводской отладки и доводки опытного образца, промышленных испытаний, внесения выявившихся в ходе испытаний изменений, государственных испытаний и приемки опытного образца. Далее следует изготовление технической документации головной серии, изготовление головной серии и ее промышленные испытания. Вслед за этим разрабатывают серийную документацию, подготовляют производство к серийному выпуску и, наконец, организуют серийный выпуск.

При отсутствии крупных неполадок и осложнений этот процесс длится полто-

ра-два года. Иногда между началом проектирования и началом широкого выпуска машин проходят два-три года и больше. При современных темпах технического прогресса в машиностроении это большой срок.

Машины с неправильно выбранными заниженными параметрами, основанные на шаблонных решениях, не обеспечивающие технического прогресса, несовместимые с новыми представлениями о роли качества и надежности, устаревают уже к началу серийного выпуска. Работа, затраченная на проектирование, изготовление и доводку образца, оказывается напрасной, а промышленность не получает нужной машины.

Первый случай наиболее общий, на нем удобнее всего проследить процесс проектирования. К техническим заданиям необходимо подходить критически. Конструктор должен хорошо знать отрасль промышленности, для которой проектируют машину. Он обязан проверить задание и в нужных случаях обоснованно доказать необходимость его корректирования.

При моделировании рабочих процессов строительных и дорожных машин рекомендуется придерживаться следующих правил:

- подчинять конструирование задаче увеличения экономического эффекта, определяемого в первую очередь полезной отдачей машины, ее долговечностью и эксплуатационными расходами за весь период использования машины;
- добиваться максимального повышения полезной отдачи путем увеличения производительности машин и объема выполняемых ими операций;
- добиваться всемерного снижения расходов на эксплуатацию машин уменьшением энергопотребления, стоимости обслуживания и ремонта;
- максимально увеличивать степень автоматизации машин с целью увеличения производительности, повышения качества продукции и сокращения расходов на труд;
- всемерно увеличивать долговечность машин как средство повышения фактической численности машинного парка и увеличения их суммарной полезной отдачи;
- предупреждать техническое устаревание машин, обеспечивая их длительную применяемость, закладывая в них высокие исходные параметры и предусматривая резервы развития и последовательного совершенствования;
- закладывать в машины предпосылки интенсификации их использования в эксплуатации путем повышения универсальности и надежности;
- предусматривать возможность создания производных машин с максимальным использованием конструктивных элементов базовой машины;
- стремиться к сокращению числа типоразмеров машин, добиваясь удовлетворения потребностей народного хозяйства минимальным числом моделей путем рационального выбора их параметров и повышения эксплуатационной гибкости;
- стремиться к удовлетворению потребностей народного хозяйства минимальным выпуском машин путем увеличения полезной отдачи и долговечности машин;
- конструировать машины с расчетом на безремонтную эксплуатацию с полным устранением капитальных ремонтов и с заменой восстановительных ремонтов комплектацией машин сменными узлами;
- избегать выполнения трущихся поверхностей непосредственно на корпусах деталей; для облегчения ремонта поверхности трения выполнять на отдельных, легко заменяемых деталях;
- последовательно выдерживать принцип агрегатности; конструировать узлы в виде независимых агрегатов, устанавливаемых на машину в собранном виде;
- исключать подбор и пригонку деталей при сборке; обеспечивать полную взаимозаменяемость деталей;

• исключать операции выверки, регулирования деталей и узлов по месту; предусматривать в конструкции фиксирующие элементы, обеспечивающие правильную установку деталей и узлов при сборке;

• обеспечивать высокую прочность деталей и машины в целом способами, не требующими увеличения массы (придание деталям рациональных форм с наилучшим использованием материала, применение материалов повышенной прочности, введение упрочняющей обработки);

• в машины, узлы и механизмы, работающие при циклических и динамических нагрузках, вводить упругие элементы, смягчающие толчки и колебания нагрузки;

• придавать конструкциям высокую жесткость целесообразными, не требующими увеличения массы способами (применение пустотелых и оболочковых конструкций; блокирование деформаций поперечными и диагональными связями; рациональное расположение опор и ребер жесткости);

• всемерно увеличивать эксплуатационную надежность машин, добиваясь по возможности полной безотказности их действия;

• делать машины простыми в обслуживании; сокращать объем операций обслуживания, устранять периодические регулировки, выполнять механизмы в виде самообслуживающихся агрегатов;

• предупреждать возможность перенапряжения машины в эксплуатации; вводить автоматические регуляторы, предохранительные и предельные устройства, исключающие возможность эксплуатации машины на опасных режимах;

• устранять возможность поломок и аварий в результате неумелого или небрежного обращения с машиной; вводить блокировки, предупреждающие возможность неправильного манипулирования органами управления; максимально автоматизировать управление машиной;

• исключать возможность неправильной сборки деталей и узлов, нуждающихся в точной координации одного относительно другого; вводить блокировки, допускающие сборку только в нужном положении;

• устранять периодическую смазку; обеспечивать непрерывную автоматическую подачу смазочного материала к трущимся соединениям;

• избегать открытых механизмов и передач; заключать механизмы в закрытые корпуса, предотвращающие проникновение грязи, пыли и влаги на трущиеся поверхности и позволяющие организовать непрерывную смазку;

ЛЕКЦИЯ 2

2 ОДНОКОВШОВЫЕ ЭКСКАВАТОРЫ

Назначение, область применения и классификация одноковшовых экскаваторов

Экскаватор (от латинского excado – долблю, выдалбливаю) – это самоходная землеройная машина для разработки, перемещения, погрузки и укладки грунта. Его используют при строительстве промышленных и гражданских зданий и сооружений, автомобильных и железных дорог, аэродромов, гидротехнических систем и нефтепроводов, в карьерах при добыче строительных материалов и других полезных ископаемых.

Одноковшовый экскаватор (рис. 2.1) состоит из ходового устройства *1* и поворотной части *2*, связанных между собой опорно-поворотным устройствам *3*. Поворотная часть выполнена в виде рамы. На ней установлено рабочее оборудование (стрела *4*, рукоять *7*, ковш *6*) и привод, который с помощью силовой установки и трансмиссии приводит в движение ра-

бочее оборудование и ходовое устройство. В передней части на раме размещена кабина *10* с органами управления.

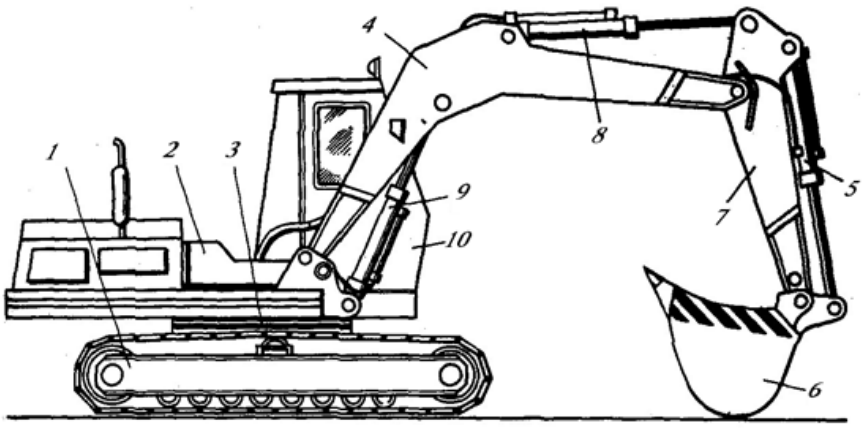

Рис. 2.1. Одноковшовый строительный экскаватор

Одноковшовые экскаваторы классифицируют по следующим основным признакам:

По эксплуатационному назначению: строительные универсальные, карьерные, вскрышные, специальные.

По типу ходового устройства: гусеничные (*Г*) и гусеничные с увеличенной поверхностью гусениц (*ГУ*), пневмоколесные (*П*), на базе трактора (T_p), на специальном шасси (*СШ*) и на шасси автомобиля (*А*), а также шагающие, рельсовые, шагающе-рельсовые и плавучие.

По исполнению рабочего оборудования: с гибкой (канатной) подвеской; с жесткой подвеской (элементы рабочего оборудования приводятся в движение гидроцилиндрами); с телескопической стрелой.

По силовой части привода: одно- и многодвигательные, электрические, с двигателем внутреннего сгорания, дизель-электрические.

По типу трансмиссий – с механическими, гидравлическими, электрическими и смешанными трансмиссиями .

По системам управления – с гидравлическим, пневматическим, электрическим и комбинированным (электропневматическими, электрогидравлическим) управлением.

По исполнению опорно–поворотных устройств: на полноповоротные и неполноповоротные.

По видам рабочего оборудования (рис. 2.2) – прямая лопата (*а*); обратная лопата (*б*); драглайн (*в*); кран (*г*); грейфер (*д*); погрузчик (*е*); копер (*ж*); боковой драглайн (*з*); планировщик (*и*); гидромолот (*к*); корчеватель (*л*); дизель-молот (*м*); захватно-клещевое оборудование с рыхлителем (*н*); рыхлитель (*о*); и др.

Для сокращенного обозначения различных по исполнению моделей строительных экскаваторов пользуется системой индексов типа ЭО-0000. Первая цифра после дефиса обозначает размерную группу экскаватора, которой соответствует определенная вместимость ковша, вторая цифра – тип ходового устройства, третья – исполнение рабочего оборудования [с гибкой или жесткой (гидравлической) подвеской], четвертая – порядковый номер модели. Буквы (*А, Б, В, ….Е*) обозначают очередную модернизацию, а специальное климатическое исполнение машины обозначается: *ХЛ* – северное исполнение; *Т* – тропическое; *ТВ* – для влажных тропиков.

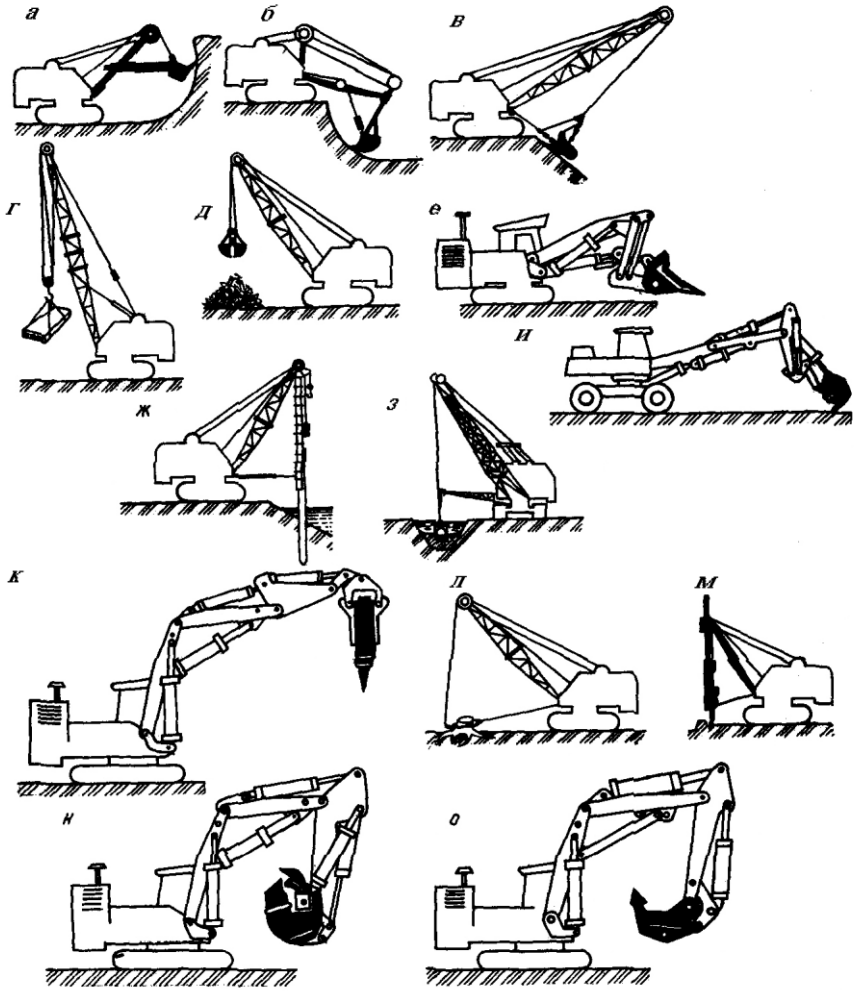

Рис. 2.2 Виды сменного рабочего оборудования одноковшовых экскаваторов

Основные параметры одноковшовых экскаваторов и порядок их выбора

К основным параметрам экскаваторов относят: вместимость ковша $q_к$, продолжительность цикла $t_ц$ при повороте на 90^0 с выгрузкой грунта в транспорт или отвал, массу машины M, мощность привода N, скорость передвижения экскаватора V, удельное давление на грунт $q_г$, касательную и нормальную составляющие $P_к$ и $P_н$ усилия на режущей кромке ковша, а также рабочие размеры экскаватора – максимальная глубина или высота копания (соответственно для экскаваторов, разрабатывающих грунт выше или ниже уровня стоянки),высота и радиус выгрузки грунта и др.

Исходными данными для установления основных параметров экскаватора являются его технологическое назначение и эксплуатационная производительность, которые указываются в задании на проектирование машины. Дополнительными условиями задания являются тип и особенности ходового оборудования и приводов (в том числе их силовой части, передаточных механизмов и систем управления), виды сменного рабочего оборудования, климатические условия использования экскаватора.

Расчет параметров начинают с обоснования конструктивной схемы экскаватора, включая его рабочее и ходовое оборудование, металлоконструкции рабочего оборудования, подвеску ковша, основные механизмы в соответствии с требованиями ГОСТов на одноковшовые экскаваторы и технологическим назначением машины путем изучения условий ее предстоящего использования, конструкций и опыта эксплуатации аналогичных моделей машины.

После этого определяют общие размеры экскаватора, размеры рабочего оборудования, массу, усилия, скорости и мощность основных рабочих движений.

Для выполнения связанных с этим расчетов пользуются теорией подобия, из которых следует, что линейные (A_1 и A_2), емкостные (q_1 и q_2), силовые (S_1 и S_2) и временные (t_1 и t_2) характеристики, а также массы (M_1 и M_2), мощности (N_1 и N_2) и другие показатели двух геометрически подобных систем связаны между собою определенными зависимостями.

Линейные величины (размеры экскаваторов) обычно подчиняются зависимости:

$$\frac{A_1}{A_2} \approx \sqrt{\frac{M_1}{M_2}}; \tag{2.1}$$

с погрешностью в 5-10% можно пользоваться также зависимостями:

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{N_1}{N_2}; \frac{M_1}{M_2} \approx \frac{q_1}{q_2}; \frac{A_1}{A_2} = \sqrt{\frac{q_1}{q_2}}; \tag{2.2}$$

Например, если для проектируемого экскаватора необходимо принять вместимость ковша $q_{пр}$, а у машины–аналога вместимость ковша равна $q_{ан}$, масса мощность двигателя и линейные размеры соответственно равны $M_{ан}$, $N_{ан}$, $A_{ан}$, то для проектируемого экскаватора эти величины в первом приближении можно считать равными:

$$M_{пр} = M_{ан} \cdot \frac{q_{пр}}{q_{ам}}; N_{пр} = N_{ан} \cdot \frac{q_{пр}}{q_{ан}}; A_{пр} = A_{н} \cdot \sqrt[3]{\frac{q_{пр}}{q_{ан}}}; \tag{2.3}$$

Используя методы теории подобия, следует учитывать факторы научно-технического прогресса. Поэтому по сравнению с аналогом, созданным давно, проектируемый экскаватор при прочих равных условиях должен быть менее металлоемким, более мощным, обладать более высокими рабочими скоростями, иметь более совершенную систему управления.

Посредством теории подобия и в результате статистического анализа характеристик созданных машин получены эмпирические формулы, номограммы, графики и таблицы, отражающие корреляционные связи между характеристиками экскаваторов, которые также могут служить для предварительного установления параметров, размеров масс проектируемого экскаватора.

Гидравлические одноковшовые экскаваторы

Особенности конструкции рабочего оборудования. Рабочим оборудованием гидравлических одноковшовых экскаваторов чаще всего служат прямая лопата, обратная лопата, грейфер. Исполнительный механизм представляет собой шарнирно-рычажную систему, состоящую только из жестких звеньев. Траектория движения ковша регулируется изменением длины звеньев посредством силовых гидроцилиндров.

Другие особенности конструкции заключаются в возможности поворота ковша относительно рукояти, перестановки рабочего оборудования поперек платформы, поворота рукояти относительно стрелы в плане (в отдельных моделях экскаваторов), телескопичности рукояти. Это существенно повышает универсальность гидравлических экскаваторов по сравнению с канатными экскаваторами.

Для управления стрелой используют три схемы сопряжения ее с гидроцилиндрами: под стрелой перед ее пятой (рис. 5.3 *а*); над стрелой (рис. 5.3 *б*); за пятой стрелы (рис. 5.3 *в*) (наиболее распространена первая схема).

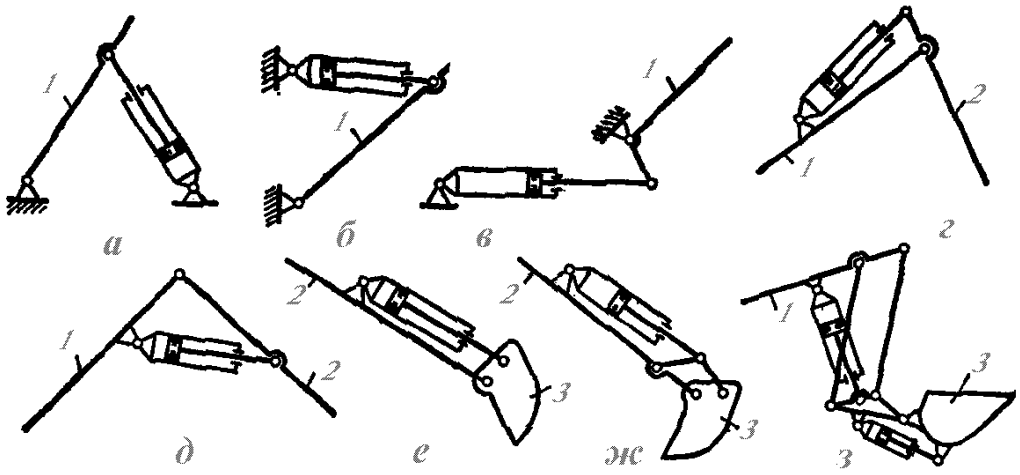

Рис. 2.3. Схемы соединения элементов рабочего оборудования гидравлических экскаваторов: *а, б, в* – гидроцилиндра со стрелой; *г, д* – гидроцилиндра с рукоятью; *е, ж, з* – гидроцилиндра с ковшом; *1* – стрела, *2* – рукоять, *3* – ковш

Гидроцилиндр привода рукояти располагают чаще над стрелой (рис. 2.3 *в, г*), реже под ней (рис. 2.3 *д*), причем первая схема применяется обычно при оборудовании экскаватора обратной лопатой, а вторая – прямой.

Гидроцилиндр привода ковша размещается над рукоятью (рис. 2.3 *е*), хотя есть разновидности передач, выполненных в виде четырехзвенника (рис. 2.3 *в, ж*) или шестизвенника (рис. 2.3 *з*). Преимущество двух последних схем по сравнению с первой заключается возможности увеличения угла поворота ковша.

Рукояти и ковши рабочего оборудования, выполненные фирмами разных стран, имеют, примерно, одинаковое конструктивное решение. Стрелы же имеют разнообразные решения.

Наибольшее распространение на строительных экскаваторах получила стрела моноблочного исполнения. Она изготовлена обычно из легированного высокопрочного металлопроката и представляет собой изогнутую по длине выпуклостью вверх коробчатую конструкцию. Концевые участки ее имеют форму вилки с проушинами. Нижним концом стрела присоединена к проушинам платформы с помощью осей, верхние проушины стрелы с помощью пальцев соединены с рукоятью. В средней и верхней частях стрелы имеют проушины для крепления гидроцилиндров подъема и опускания стрелы и рукояти.

Наряду с моноблочной конструкцией стрелы применяют составные стрелы с целью расширить количество сменного рабочего оборудования, а также технологические возможности машин.

Составные стрелы состоят из нижней основной части *1* и верхней дополнительной части *2*. Соединены они между собой посредством или пальцев *3* и тяги *4* (рис. 2.4 *а*) или пальцами *3* (рис. 2.4 *б, в*).

Основная часть стрелы может быть использована, если на экскаватор устанавливают прямую и обратную лопаты, погрузочное, грейферное и крановое оборудование.

Дополнительную часть в первом исполнении (рис. 2.4 *а*) используют при оборудовании обратной лопатой и грейфером. Дополнительную часть при втором исполнении (рис. 2.4 *б*) можно применять при прямой и обратной лопатах, грейфере и кране. Дополнительную часть в третьем исполнении (рис. 2.4 *в*) можно применять при том же оборудовании, что и во вто-

ром исполнении. В этом случае машина может работать в стесненных условиях, например, совершать копание вблизи стен зданий и параллельно им.

Рукояти прямой и обратной лопаты представляют собой пустотелые коробчатые балки переменного по длине сечения с проушинами для соединения со стрелой, ковшом и гидроцилиндрами при помощи пальцев.

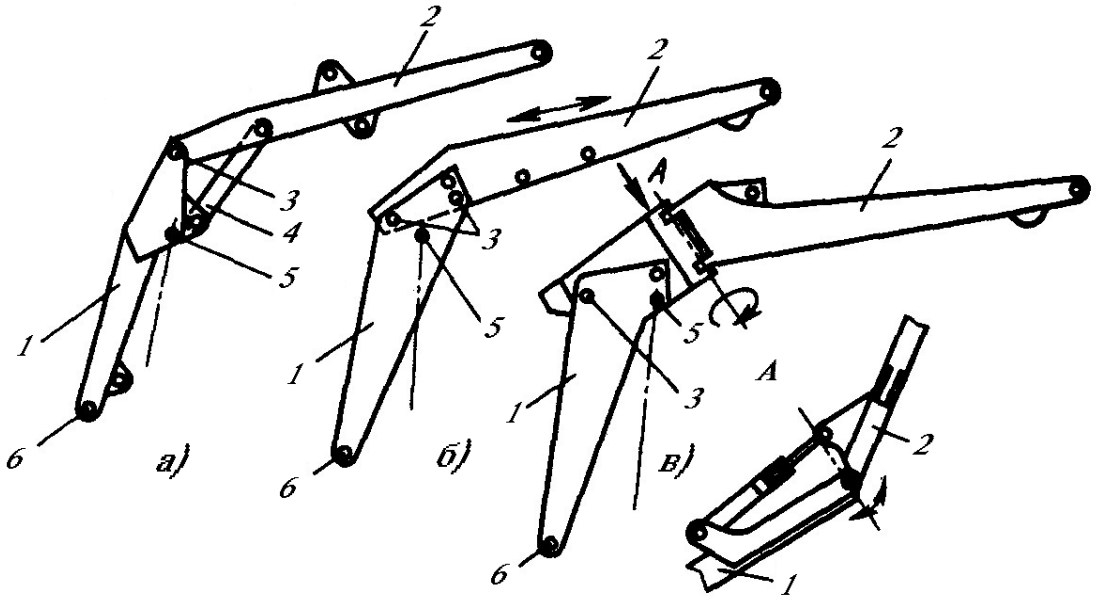

Рис. 2.4. Схемы составных стрел экскаваторов с неподвижной (*а*), выдвижной (*б*), поворотной (*в*) верхней их частью

Ковш обратной лопаты сварен из листов и литых или штампованных деталей. Он открыт сверху и имеет две плоские боковые стенки и изогнутые заднюю и переднюю стенки. К передней стенке в верхней части приварен литой или штампованный козырек, на котором крепятся зубья.

При оборудовании прямой лопаты применяют ковши в основном трех видов: неповоротный ковш с откидным днищем; поворотный ковш, представляющий собой цельносварную конструкцию, и поворотный раскрывающийся ковш, чаще носящий название челюстного ковша.

Рабочее оборудование грейфера включает в себя все основные элементы оборудования обратной лопаты (стрелу и рукоять), кроме ковша, вместе которого в этом случае к концу рукояти через подвеску с проушиной посредством удлинителя подвешен грейфер, который представляет собой две челюсти, связанные между собой соединительными элементами, имеющими между собой шарнирную связь.

Рабочее оборудование экскаватора–планировщика (рис. 2.5) состоит из основной стрелы *2*, выдвижной стрелы *3*, ковша *5* или другого сменного рабочего органа, механизма выдвижения или втягивания стрелы, механизма подъема и опускания стрелы *1*, механизма поворота стрелы или ковша вокруг продольной оси стрелы, гидроцилиндра 6 подъема стрелы и гидроцилиндра *4* поворота ковша.

Применяемые схемы установки телескопического оборудования на поворотной платформе различают по расположению гидроцилиндра привода качания стрелы относительно оси ее наклона в вертикальной плоскости. Цилиндр может быть расположен впереди оси качания (рис. 2.5 *а*), под осью качания (рис. 2.5 *б*), сзади оси качания или под него (рис. 2.5 *в*).

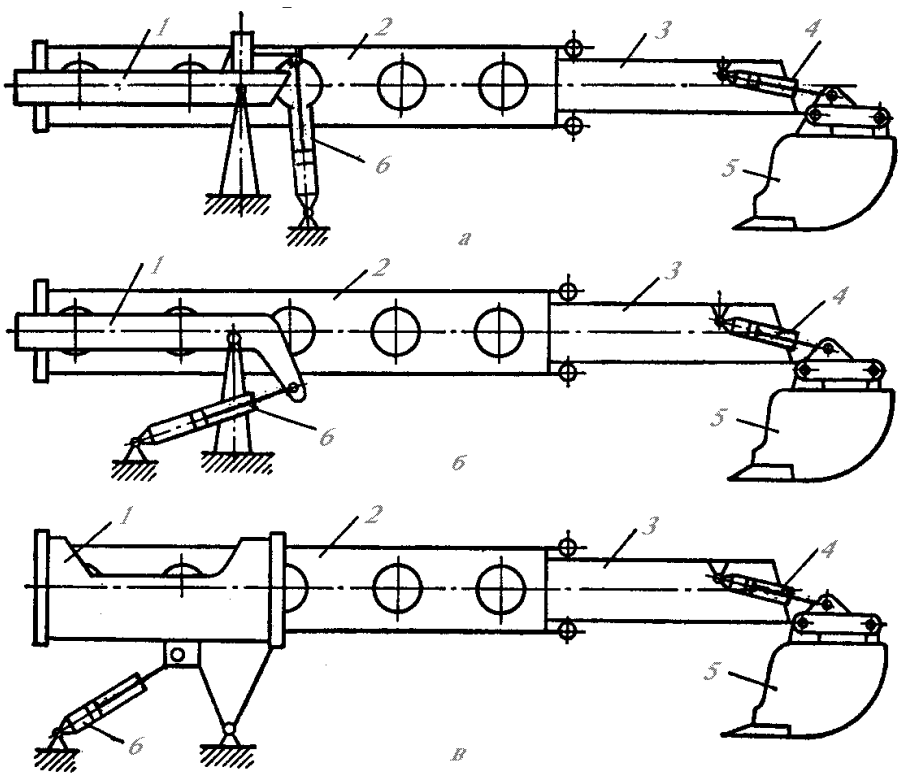

Рис. 2.5. Рабочее оборудование экскаватора-планировщика

В первых двух схемах ось качания приближена к продольной оси стрелы (или совпадает с ней) и поднята над рамой поворотной платформы, в последней – удалена вниз от оси стрелы и находится обычно почти на уровне поворотной рамы.

Общий расчет гидравлических экскаваторов

Расчет рабочего оборудования гидравлического экскаватора обычно выполняют в два этапа. Первоначально определяют необходимую мощность насоса по заданной производительности и рабочие размеры оборудования по техническим требования. На втором этапе, исходя из выбранной мощности привода, проверяют работоспособность рабочего оборудования в различных грунтовых условиях и усилия, действующие на рабочее оборудование при различных положениях ковша в забое.

Предварительно выбирать мощность привода можно по усилию копания или удельной энергоемкости копания. Произвести расчет по усилию копания можно тогда, когда известны размеры частей рабочего оборудования и скорость копания. Для выбора мощности двигателя по удельной энергоемкости копания достаточно знать только продолжительность копания, определяемую в зависимости от продолжительности цикла.

Расчет мощности привода по усилию копания производится с учетом работы в наиболее тяжелых условиях (копание грунта III и IV категорий). Усилие копания, на зубьях ковша в виде касательной $Rp_{коп}$ и нормальной $Rн_{коп}$ составляющих (рис. 2.6) с достаточной степенью точности можно определить по упрощенным формулам:

$$Rp_{коп} = к_1 \cdot b \cdot h; \quad (2.4)$$

$$Rн_{коп} = \varphi_1 \cdot Rк_{коп}; \quad (2.5)$$

где κ_1 – коэффициент удельного сопротивления грунта копанию; b – ширина ковша; h – толщина стружки; φ_1 – коэффициент пропорциональности, равный 0,1-0,6.

Толщина стружки h определяется по формуле:

$$h = \frac{q_к \cdot k_н}{b \cdot H_1 \cdot \kappa_р}; \qquad (2.6)$$

где $q_к$ - вместимость ковша; $k_н$- коэффициент наполнения ковша, для грунтов III и IV категорий $k_н$=1,1-1,5; H_1- глубина (высота) копания; $k_р$- коэффициент разрыхления грунта.

При определении усилий в гидроцилиндрах рабочих оборудования траекторию копания разбивают на 8-10 положений. Величину усилия в каждом положении определяют графоаналитическим методом составляя уравнения моментов внешних сил и сил тяжести звеньев, приложенных в центрах тяжести и действующих относительно осей вращения звеньев рабочего оборудования.

Расчетное усилие в штоке гидроцилиндра ковша $S_{ц.к}$ находится из условия равновесия сил, действующих на ковш, в том числе силы тяжести ковша с грунтом $G_{к+г}$ (рис. 2.6 *а, б*). Искомое усилие определяется по сумме моментов всех сил, действующих на ковш относительно точки оси поворота ковша $O_к$, или графическим способом.

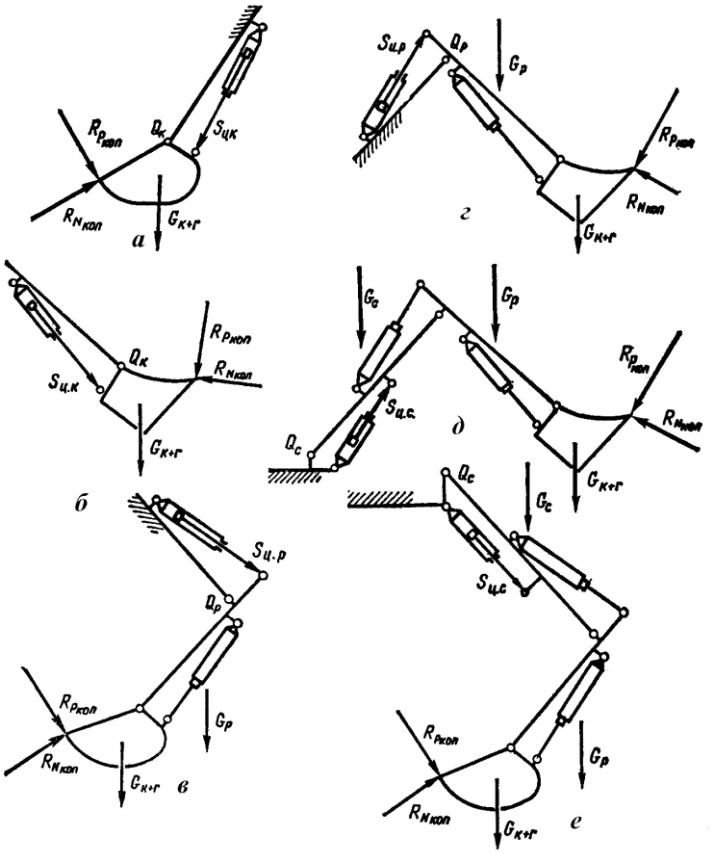

Рис. 2.6. Схемы к определению усилий в гидроцилиндрах рабочего оборудования:
а, б – ковша обратной и прямой лопаты; *в, г* – рукояти обратной и прямой лопаты;
д, е – стрелы прямой и обратной лопаты

Расчетное усилие в штоках гидроцилиндров рукояти $S_{ц.р}$ находится из условия равновесия сил, действующих на рукоять с ковшом, в том числе сил тяжести рукояти $G_р$ и грунта с ковшом $G_{к+г.}$ и сил сопротивления копанию $Rp_{коп}$ и $R_{Nкоп}$. Искомое усилие вычисляют по

сумме моментов сил, действующих на рукоять с ковшом относительно точки оси поворота рукояти $O_р$, или графически (рис. 2.6 *в, г*).

Расчетное усилие в штоках гидроцилиндров стрелы $S_{ц.с}$ находится на аналогичных условиях с учетом действия сил тяжести стрелы $G_с$, рукояти ковша $G_р$ и ковша с грунтом $G_{к+г}$. Усилие $S_{ц.с}$ вычисляют по сумме моментов сил, действующих на стрелу и рукоять с ковшом относительно точки оси пяты стрелы $O_с$ или графически (рис. 2.6 *д, е*).

Усилия в гидроцилиндрах рабочего оборудования можно находить и графическим методом, путем построения замкнутых силовых многоугольников для каждого подвижного звена. Для этого строят кинематическую схему рабочего оборудования экскаватора в масштабе, траекторию копания разбивают также на 8-10 положений. Расчет ведут по звеньям, к которым прикладываются все внешние силы и реакции.

Скорости штоков гидроцилиндров $V_{ц.к}$, $V_{ц.р}$, $V_{ц.с}$, должны соответствовать скорости копания и длительности рабочего цикла экскаватора. Мощность рабочего движения копания, полагая, что в расчетных условиях оно осуществляется одновременным действием гидроцилиндров только стрелы и рукояти:

$$N = \frac{S_{ц.р.} \cdot V_{ц.р.}}{\eta_{пр}} + \frac{S_{ц.р.} \cdot V_{ц.с.}}{\eta_с}; \qquad (2.7)$$

где $\eta_р$ *и* $\eta_с$ – КПД соответствующих гидроцилиндров.

Для предварительного определения мощности насосов по удельной энергоемкости копания используют принцип равенства работы, отданной насосами и затраченной на копание, из которого следует:

$$N = \frac{q_к \cdot \kappa_1 \cdot k_и}{\left(t_{коп} \cdot k_р \cdot \eta \cdot \eta_0\right)}; \qquad (2.8)$$

где η - КПД, системы привода рукояти или ковша, η_0=0,8÷0,9 – коэффициент использования мощности привода.

Исходя из равенства работ, выполненных гидроцилиндром и затрачиваемых машиной на копание при заполнении ковша, можно записать:

$$p \cdot F_ц \cdot L_ц \cdot \eta \cdot \eta_0 = \frac{q_к \cdot k_и \cdot \kappa_1}{\kappa_р}; \qquad (2.9)$$

где p – давление рабочей жидкости гидросистемы; $F_ц$ - площадь поршня; $L_ц$ - рабочий ход поршня.

Из полученного уравнения определяют потребный рабочий объем гидроцилиндра:

$$q_ц = F_ц \cdot L_ц = \frac{q_к \cdot k \cdot k_и}{\left(p \cdot \eta \cdot \eta_0 \cdot k_р\right)}; \qquad (2.10)$$

Аналогично, исходя из определения работы, затрачиваемой на преодоление сил тяжести, можно определить необходимые объемы гидроцилиндров подъема стрелы с рабочим оборудованием:

$$q_ц = \frac{M \cdot g \cdot h_п}{p \cdot \eta}; \qquad (2.11)$$

где M – масса рабочего оборудования;

$h_п$ – высота подъема центра тяжести рабочего оборудования, определяемая по разности отметок в верхнем и нижнем положениях его.

Зная необходимый рабочий объем цилиндра $q_ц$, можно определить его диаметр $Д$ и ход поршня $L_ц$ по конструктивным соображениям исходя из зависимости:

$$q_ц = \frac{\pi \cdot Д^2{}_ц \cdot L_ц}{4}; \qquad (2.12)$$

При этом потребная производительность гидронасоса равна:

$$П_н = \frac{q_ц}{t_р}; \qquad (2.13)$$

где $t_р$ – время рабочего хода цилиндра.

Мощность привода гидронасоса:

$$N_н = \frac{П_н \cdot p}{\eta}; \qquad (2.14)$$

где η – КПД гидронасоса.

При совмещении операций мощность привода экскаватора составит:

$$N = \sum N_i;$$

где ΣN_i – сумма мощностей привода насосов, участвующих в совмещенных операциях.

На современных гидравлических экскаваторах обычно совмещают две или три операции (например, подъем стрелы и поворот рукояти, подъем стрелы и поворот). Во время передвижения экскаватора насосы, приводящие в действие рабочее оборудование, используют для привода передвижения. При этом выбирать производительности насосов следует с учетом обеспечения затрат энергии на передвижение машины с заданной скоростью.

Исходя из предварительно выбранных размеров элементов рабочего оборудования, гидроцилиндров и гидронасосов, производят уточненный проверочный расчет рабочего оборудования. Задача этого расчета заключается в определении работы копания, обеспечиваемой машиной, и категории грунта, который может разрабатывать экскаватор. Данные проверочного расчета используют также для расчета конструкции машины на прочность.

Канатные одноковшовые экскаваторы

Канатные (с гибкой подвеской) одноковшовые строительные экскаваторы выпускает промышленность с возможностью установки на машине следующих видов рабочего оборудования: прямую или обратную лопату, драглайн, грейфер или кран. Основным из них при проектировании машины принято считать оборудование прямая лопата. При гибкой подвеске различают напорные прямые лопаты с выдвижной рукоятью и безнапорные.

Напорная прямая лопата с выдвижной рукоятью (рис. 2.7 *а*) состоит из ковша *10*, рукояти *9*, стрелы *6*, подъемного каната или полиспаста *8* и напорного механизма *5*. Стрела опирается на поворотную платформу при помощи пятового шарнира *1*. Через головные блоки *7*

подъемный канат идет к барабану подъемной лебедки *2*. Стрела верхним концом посредством полиспаста *3* подвешена к двуногой стойке на платформе экскаватора.

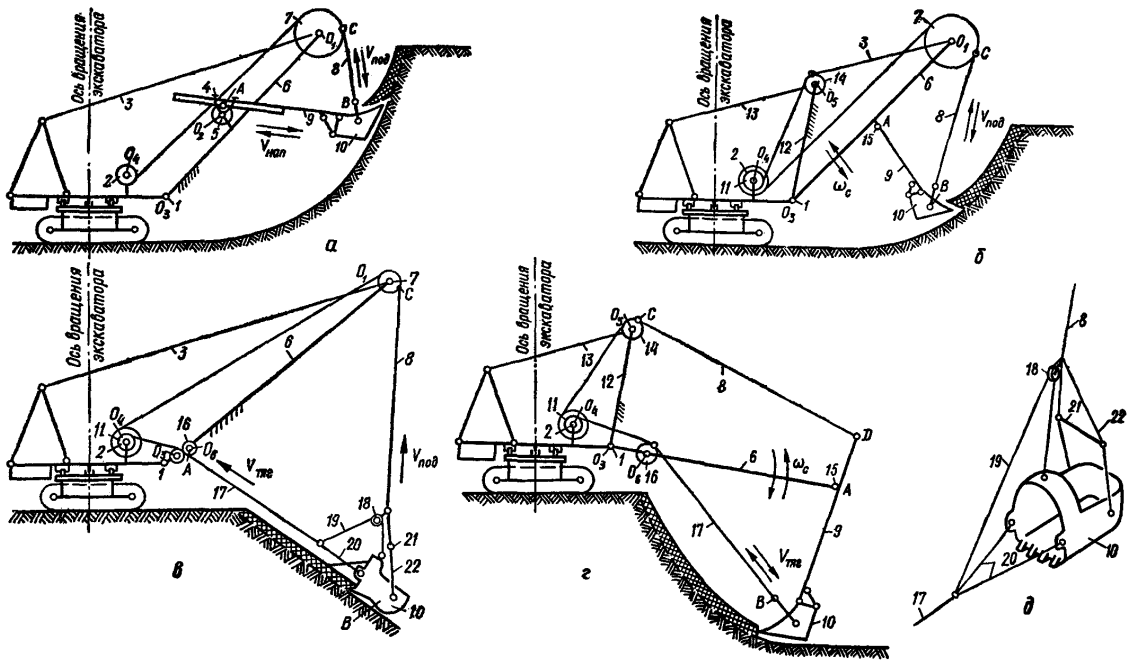

Рис. 2.7. Схемы рабочих исполнительных механизмов одноковшовых канатных экскаваторов

Неподвижным звеном – стойкой исполнительного механизма служит стрела которая в точках O_1 и O_2 образуют вращательные пары с подвижными звеньями – головными блоками *7* и напорными шестернями или блоками. Последние в точке А кинематически связаны с деталями рукояти. Рукоять с ковшом образует подвижное звено, которое в точке В шарнирно соединяется с подъемным канатом, огибающим головной блок стрелы, начиная с точки С.

Положение рукояти в седловом подшипнике *4* позволяет ей поворачиваться вокруг вала напорного механизма под действием усилия в подъемном канате, а также перемещаться поступательно в седловом подшипнике в результате действия напорного механизма. Таким образом, механизм имеет две степени свободы, необходимые для управления ковшом в процессе копания. Ковш перемещается в результате сложения подъемного и напорного движений, а грунт разрабатывается продвижением заглубленного в массив ковша.

Рабочий цикл машины состоит из последовательных операций: отделения от массива грунта и захвата его ковшом: переноса грунта при повороте экскаватора в направлении выгрузки, сочетаемого с выдвижением или втягиванием рукояти; выгрузки грунта при открытом днище ковша; возвратного перемещения ковша, осуществляемого сочетанием поворота экскаватора с опусканием ковша к подошве забоя и выдвижением или втягиванием рукояти.

В безнапорных прямых лопатах рис. (2.7 *б*) неподвижным звеном исполнительного механизма является платформа с дополнительной передней стойкой *12*, удерживаемой полиспастом *13*. В точках O_3, O_4 и O_5 они образуют вращательные пары с подвижными звеньями – стреловым *2* и подъемным *11* барабанами лебедки, блоками *14* стрелового полиспаста *3* и стрелой *6*. Стрела образует вращательные пары с рукоятью *9* в шарнире *15*, головными блоками *7* и в шарнире *1* с платформой экскаватора. В точке *В* во вращательную пару с ковшом *10* входит арка его подвески, соединенная с подъемным канатом *8*, который в точке *С* соприкасается с головным блоком стрелы и огибает его.

Прямая лопата выполняет рабочие движения при повороте звеньев *6* и *9*. Траектория резания образуется сложением движения подъемного каната с движением стрелы вокруг ее шарнирной пяты. Рабочий цикл машины тот же, что и прямой лопаты с выдвижной рукоятью.

Безнапорные прямые лопаты применяют главным образом в моделях универсальных строительных экскаваторов.

Драглайн (рис. 2.7 *в*) состоит из ковша *10* с упряжью для придания ему устойчивости во время экскавации, тягового *17* и подъемного *8* канатов, стелы *6* с направляющим блочным устройством *16* и главным блоком *7*. Угол наклона стрелы во время работы экскаватора не меняется: под необходимым углом она удерживается полиспастом *3*. Подъемный и тяговый канаты наматываются на барабаны *2* и *11* главной лебедки.

Таким образом, исполнительный механизм драглайна имеет два гибких звена- каната, связывающих ковш с ведущими звеньями механизма. Неподвижным звеном механизма является платформа с двуногой стойкой и стрелой. С ними в точках O_1, O_4 и O_6 подвижные звенья – подъемный и тяговый барабаны лебедки, головные и направляющие блоки стрелы – образуют вращательные пары.

Механизм воспроизводит рабочие движения драглайна в результате перемещений подъемного и тягового канатов. Рабочий цикл машины складывается из тех же операций, что и в прямой лопате: отделения от массива и захвата грунта ковшом: переноса грунта, выгрузки его и возвратного перемещения ковша. Выгружается грунт опрокидыванием ковша.

Обратная лопата (рис. 2.7 *г*) состоит из ковша *10*, рукояти *9*, стрелы *6*, тягового *17* и подъемного *8* канатов, передней стойки *12* с блоком *14*, тягового *2* и подъемного *11* барабанов лебедки. Ковш жестко связан с рукоятью, соединенной со стрелой шарниром *15*. Стрела шарнирно опирается на поворотную платформу.

Неподвижным звеном исполнительного механизма является платформа экскаватора с двуногой и передней стойками. В точках O_3, O_4 и O_5 с ними входят во вращательные пары подвижные звенья механизма – блок передней стойки, стрела, подъемный и тяговый барабаны лебедки. Стрела, в свою очередь, в точках *16* и *15* образует вращательные пары с рукоятью и направляющим блоком, а рукоять с ковшом в точках *В* и *Д* – вращательные пары с подъемным и тяговым канатами. Механизм воспроизводит рабочее движение обратной лопаты вращением звеньев *6* и *9*. Процесс резания является результатом сложения вращательного движения рукояти относительно шарнирного соединения ее со стрелой и вращательного движения стрелы относительно ее пятового шарнира.

Ковш, заброшенный на вытянутой рукояти, подтягивается тяговым канатом и врезается в грунт под действием силы тяжести. Перемещаясь вдоль поверхности массива, ковш заполняется грунтом и подтягивается к стреле. В таком положении ковш и стрела поднимаются подъемным полиспастом. Поворотная платформа вместе с рабочим оборудованием поворачивается к месту разгрузки, где ковш разгружается, и возвращается обратно, а рукоять с ковшом опускается в забой. Разгружается грунт при наклоне ковша через его открытую переднюю часть.

Грейфер – грузозахватное приспособление с поворотными челюстями, которое навешивается на экскаватор (рис. 2.2 *д*). Он применяется для выемки грунта из-под воды со дна глубоких котлованов, а также для погрузки и разгрузки сыпучих и мелкокусковых материалов.

Экскаватор с крановым оборудованием (рис. 2.2 *ж*) отличается от грейфера тем, что на конце подъемного каната вместо грейфера закрепляется крюк.

Кроме указанных видов рабочего оборудования на канатных одноковшовых экскаваторах могут применяться: струг – для выемки тонких пластов грунта в карьерах, разравнивания и очистки площадей, удаления дорожной одежды, планировки откосов каналов; засыпатель – по конструкции аналогичен стругу, но вместо ковша на каретке закрепляется отвальный щит;

корчеватель – для удаления пней; копер – для забивки свай; трамбовка – для уплотнения грунта и др.

Статический расчет одноковшовых экскаваторов

Цель статического расчета – определение условий устойчивости экскаватора во всех возможных случаях его эксплуатации. Устойчивость достигается соответствующим сочетанием масс механизмов, оборудования и металлоконструкций.

В задачу статистического расчета входит: уравновешивание поворотной платформы, определение противовеса и проверка общей устойчивости экскаватора, а также определение реакций опорных катков платформы, захватов и центрирующей цапфы.

Поворотная платформа находится в равновесии при условии, что результирующая сил тяжести поворотной части экскаватора не выходит за пределы опорного периметра, проходящего через срединные точки линий контактов катков с опорным кругом катания при повороте платформы. Это же условие служит основанием для определения минимального веса противовеса. Его рассчитывают для оборудования экскаватора прямой лопатой и проверяют для других видов рабочего оборудования.

Расчет производится для двух положений загрузки ковша: первый соответствует возможности выхода результирующей сил тяжести поворотной части экскаватора за пределы опорного периметра в сторону противовеса (назад).

Возможность опрокидывания вперед поворотной платформы экскаватора, оборудованной прямой лопатой проверяют для положения, когда стрела наклонена под углом к горизонту на 30-40°, рукоять горизонтальна и выдвинута на $^2/_3$ своего хода, ковш наполнен грунтом, рабочее оборудование расположено вдоль гусениц.

При этом вес противовеса $G^{в}_{пр}$ можно определить из уравнения равновесия относительно точки В (рис. 2.8 а):

$$G^{н}_{пр} = \frac{\left[G_{к+г}\cdot(l_1-a)+G_р\cdot(l_2-a)+G_с\cdot(l_3-a)-G_п\cdot(l_4+a)\right]}{(l_5+a)}; \qquad (2.16)$$

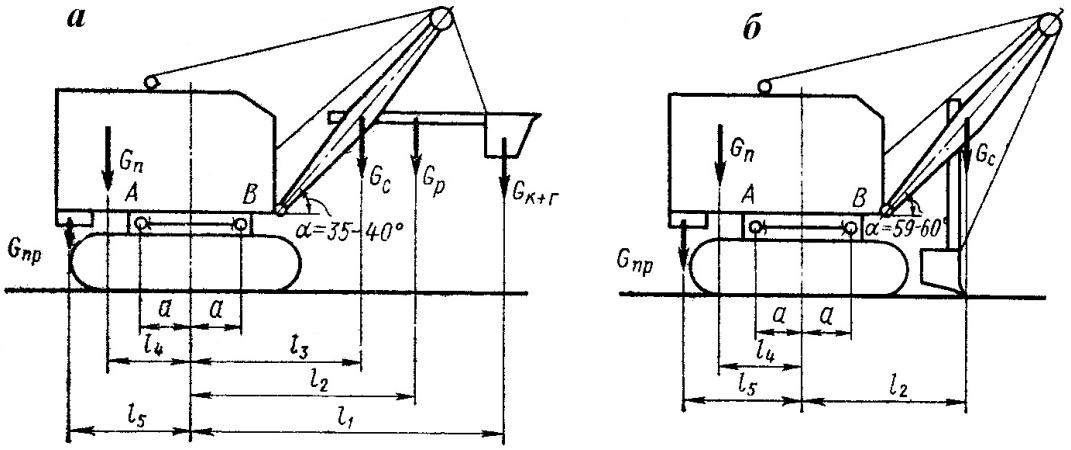

Рис. 2.8 Схема к определению веса противовеса при рабочем оборудовании прямая лопата:
а – случай опрокидывания вперед; *б* – то же, назад

Возможность опрокидывания поворотной платформы назад проверяют для положения, при котором стрела наклонена под углом 55-60° к горизонту рукоять вертикальна, ковш без грунта находится у пяты стрелы и оперт на грунт. Значение $G^{н}_{пр}$ находят из уравнения моментов сил относительно точки *А* (рис. 2.8 *б*):

$$G^{н}_{пр} = \frac{\left[G_c \cdot \left(l_2 + a\right) - G_н \cdot \left(l_4 - a\right)\right]}{\left(l_5 - a\right)}; \qquad (2.17)$$

Принятый вес $G_ф$ находится из уравнения:

$$G^{н}_{пр} < G_ф > G^{в}_{пр} \ . \qquad (2.18)$$

При проверке противовеса обратной лопаты для случая опрокидывания вперед предполагают, что груженый ковш вышел из забоя и экскаватор начинает поворачиваться на выгрузку. Для случая опрокидывания платформы назад предполагают, что ковш при максимальном вылете рукояти опущен на землю, его масса полностью воспринимается грунтом, а на платформу действует половина веса рукояти и стрелы. Для обоих случаев составляют уравнения моментов сил относительно точек *А* и *В*.

Противовес при оборудовании драглайна проверяют по тем же зависимостям, что и для прямой лопаты. При проверке на опрокидывание вперед считается, что груженый ковш поднимается, стрела наклонена к горизонту на угол 30°, при опрокидывании назад - ковш опущен на грунт, угол наклона стрелы составляет 45-50°.

Общую устойчивость экскаватора с прямой лопатой проверяют при двух рабочих и двух транспортных положениях. Одно из рабочих положений соответствует самому неблагоприятному случаю работы, второе – преодолению препятствий в грунтовом массиве. В транспортных положениях проверка выполняется для преодоления наибольшего заданного подъема и спуска по максимальному заданному уклону.

Наиболее неблагоприятный случай производства работ соответствует положению ковша, при котором его режущая кромка находится на уровне оси напорного вала, ковш наполнен грунтом, рукоять выдвинута к горизонту под углом 35-40°, рабочее оборудование расположено поперек гусениц, работа происходит на горизонтальной площадке (рис. 2.9).

Устойчивость оценивают коэффициентом устойчивости $K_у$, определяемым по формуле:

$$K_у = \frac{\sum M_у}{\sum M_0}; \qquad (2.19)$$

где $\Sigma M_у$ – сумма моментов сил, удерживающих экскаватор от опрокидывания; ΣM_0 – сумма моментов сил, опрокидывающих экскаватор.

Коэффициент рабочей устойчивости определяют из уравнения равновесия сил, действующих на машину относительно точки *А*.

Для универсальных одноковшовых экскаваторов с прямой лопатой $K_у = 1{,}05 \ldots 1{,}1$.

Расчет на преодоление препятствия в грунтовом массиве выполняют при следующих условиях: рабочая площадка горизонтальна, стрела наклонена под углом 45° к горизонту, подъемный канат – вертикальный, рабочее оборудование расположено поперек гусениц, касательная к траектории резания реакция грунта – максимальная, а параллельная к траектории резания реакция грунта равна нулю.

Касательная к траектории копания реакция грунта $P_к$ зависит от максимального подъемного усилия $P_{под}$ и определяется из условия равновесия всех сил, действующих на ковш без грунта и рукоять относительно оси напорного вала.

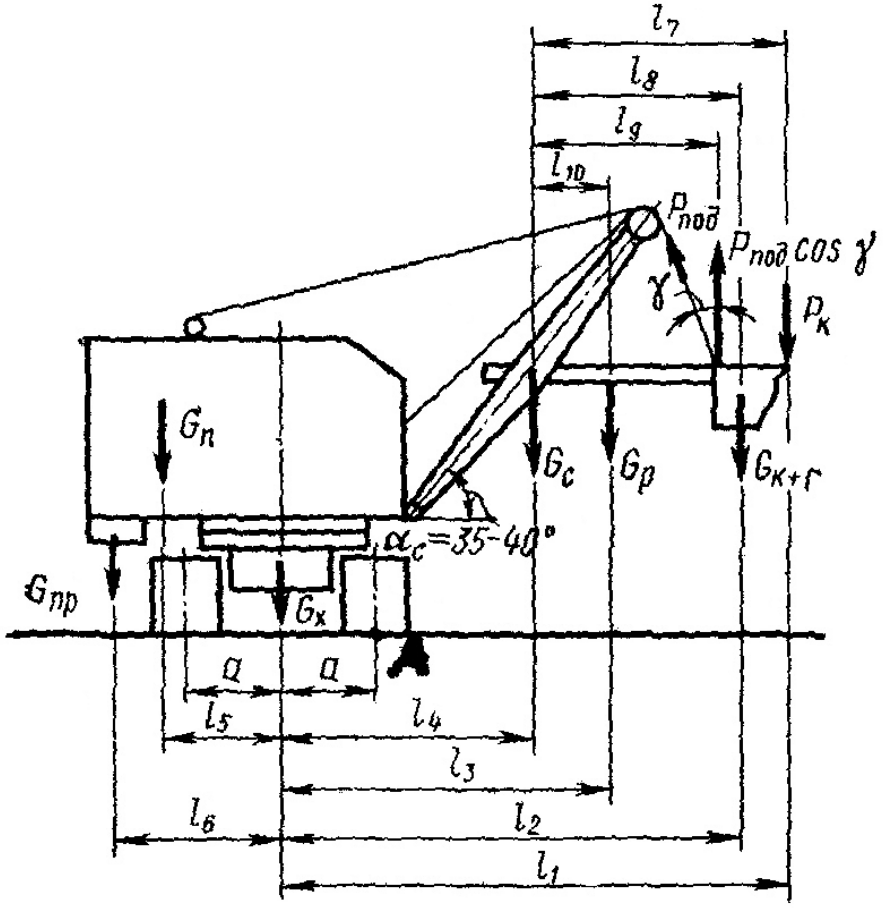

Рис. 2.9 Схема к определению рабочей устойчивости экскаватора, оборудованного прямой лопатой

Усилие $P_{под}$ при однодвигательном приводе определяется исходя из передачи всей мощности двигателя на подъем, а при многодвигательном приводе соответствует стопорному моменту на валу подъемного двигателя.

Устойчивость экскаватора для случая преодоления наибольшего подъема проверяется при условии, что рабочее оборудование направлено в сторону перемещения экскаватора, стрела наклонена под минимальным рабочим углом к поверхности площадки, рукоять выдвинута полностью, ковш без грунта находится у земли, направление ветра встречное с давлением p=0,25 кПа, $K_у$=1,2.

Для случая движения под уклон устойчивость проверяется при максимальном угле наклона стрелы к поверхности площадки, свободно висящей рукояти и такими же положениями ковша, давлением и направлением ветра, и запасом устойчивости, как и в предыдущем случае.

Общую силу от действия ветра определяют по формуле:

$$P_в = p \cdot F\,; \qquad (2.20)$$

где F – наветренная площадь стрелы и кабины, м^2.

Устойчивость обратной лопаты проверяют по двум расчетным схемам. В первом случае предполагает, что ковш встретил непреодолимое препятствие при выходе из забоя. Тяговый барабан при этом заторможен, и вся мощность двигателя расходуется на подъем рабочего оборудования.

Второе расчетное положение соответствует разгрузке липкого грунта на максимальном вылете ковша.

Устойчивость драглайна проверяют в положении, соответствующим повороту его на выгрузку. Угол наклона стрелы принимают равным 25-30°. При этом ковш наполнен грунтом и подтянут к голове стрелы, экскаватор работает на уклоне с углом 3-5°. Кроме весовых и ветровой нагрузок дополнительно учитываются силы инерции стрелы и ковша с грунтом.

Реакции опорных катков, захватов и центрирующей цапфы определяют при оборудовании прямой лопатой, когда реакции наибольшие. Расчет ведут по наиболее неблагоприятному случаю, возникающему при направлении стрелы в плане на угол гусениц, угол наклона стрелы при этом принимается наименьшим

Производительность одноковшовых экскаваторов

Различают теоретическую, техническую и эксплуатационную производительность.

Теоретическая производительность является некоторым условным измерителем и служит для сравнения экскаваторов разных моделей. Ее определяют при следующих расчетных условиях: захват ковшом расчетного по крепости грунта (а не данного), объем которого в плотном теле равен вместимости ковша; работа с поворотом на угол 90°; выгрузка грунта в отвал при высоте забоя (для прямой лопаты), равной высоте размещения напорного вала над уровнем стоянки экскаватора.

Теоретическую производительность определяют по формуле:

$$П_{теод} = \frac{q}{t_ц}; \qquad (2.21)$$

где q – вместимость ковша; $t_ц$ – продолжительность рабочего цикла.

В расчете общей продолжительности рабочего цикла учитывают совмещение операций везде, где это приводит к снижению этого параметра. С учетом этого положения продолжительность рабочего цикла определяется четырьмя интервалами: подъем ковша с поворотом рукояти для отделения от массива и захвата грунта (копания) – $t_{коп}$; поворот платформы при заполненном ковше и установка ее в направлении разгрузки ковша – $t_{п.г.}$; удержание ковша над местом разгрузки – $t_{раз.}$; возвратный поворот и установка платформы экскаватора в направлении последующего копания с одновременным опусканием ковша – $t_{п.п.}$

Тогда продолжительность рабочего цикла определяется по формуле:

$$t_ц = t_{коп} + t_{п.г.} + t_{раз} + t_{п.п};. \qquad (2.22)$$

Продолжительность рабочего цикла проверяют хронометрированием при проведении заводских и приемочных испытаний новых моделей экскаваторов. Фактическая продолжительность циклов экскаваторов строительной группы в зависимости от вместимости ковша, вида оборудования, категории грунта, условий работы колеблется от 13 до 40 с.

Техническая производительность характеризует наибольшую работоспособность экскаватора в условиях данного грунта, забоя и способа его разработки.

Техническую производительность определяют по формуле:

$$П_{техн} = q \cdot \frac{к_н}{к_р}; \qquad (2.23)$$

где $к_н$ и $к_р$ – соответственно коэффициенты наполнения и разрыхления грунта, принимаемые по опытным данным.

Эксплуатационной производительностью учитываются не только условия данного грунта, забоя и способа разработки, но и все условия производства земляных работ.

В реальных условиях производства земляных работ, кроме названных технологических операций, в отдельных случаях необходимо выполнять дополнительные операции.

Например, при разработке липких грунтов необходимо встряхивать ковш для его опорожнения. Если высота забоя настолько мала, что за один проход ковш заполняется только частично, приходится производить повторное копание. При интенсивном глыбообразовании приходится убирать глыбы с подошвы забоя. Дополнительные операции увеличивают время рабочего цикла и снижают производительность экскаватора.

В процессе экскавации приходится выполнять операции, не входящие в технологический (рабочий) цикл, во время которых разработка грунта прекращается. К таким операциям относятся смена транспортных машин для погрузки грунта экскаватором, собственные передвижки экскаватора на новую стоянку по мере выработки забоя, сдача и прием экскаватора машинистом начале и конце смены.

С учетом затрат времени внецикловые операции эксплуатационная производительность может быть определена по формуле:

$$П_э = П_{техн} \cdot к_в; \qquad (2.24)$$

где $к_в$ – коэффициент использования экскаватора во времени.

Повышению производительности экскаватора способствует увеличение объема грунта, разрабатываемого за каждый цикл экскаватора, и уменьшение длительности этого цикла.

Для увеличения объема грунта, разрабатываемого за один рабочий цикл, следует добиваться возможно большего заполнения ковша. В случаях применения экскаваторов на разработке грунтов менее крепких (I и II категорий) и в более благоприятных технологических условиях можно использовать сменные ковши большей вместимости и меньшей массы, увеличивая в некоторых случаях рабочие размеры экскаватора.

Улучшая конструкцию режущей части ковша, можно снизить энергоемкость резания грунта. Тот же результат достигается своевременной заменой износившегося и затупленного режущего инструмента на ковшах (зубьев, ножей, козырька). Совершенствование формы ковша способствует уменьшению сопротивления призмы волочения и увеличению объема грунта, захватываемого ковшом (особенно в драглайнах). Применение средств защиты от налипания грунта (цепные днища и стенки, обогрев, вибрация, электороосмос, специальные покрытия и др.) может в условиях разработки липких грунтов увеличить объем грунта, выдаваемого за один рабочий цикл, и сократить простои для очистки ковша.

Существенное значение для повышения производительности имеет определение оптимальных размеров и типов забоя, использование опыта передовых машинистов по установке в забое и перемещению экскаватора и транспортных машин, по последовательности разработки грунта в забое, по способу заполнения ковша и совмещению операций рабочего цикла.

Значительное сокращение затрат времени на вне цикловые операции возможно путем установки под погрузку в забое сразу двух – автомобилей-самосвалов, сокращения числа перегонов экскаватора, выбора рационального пути его рабочих передвижек, сокращения времени на передачу – прием экскаватора в начале и конце смены, организации бесперебойного технического обслуживания машин.

Средством повышения производительности одноковшовых экскаваторов может быть автоматизация процесса управления или на основе использования микропроцессоров и лазерных информационно-измерительных систем. Применение средств автоматизации позволяет повысить точность и качество выполняемых работ, снизить трудозатраты и численность обслуживающего персонала.

Наибольшую эффективность использования экскаваторов с лазерными системами дает применение бортовых компьютеров. В этом случае в память компьютера вносятся все необ-

ходимые данные, такие как геометрические размеры котлована, углы откосов, вместимость ковша, угол поворота, высота подъема ковша, отклонение ковша от заданных отметок, угловое положение ковша относительно планируемой поверхности (при выполнении планировочных работ) и др. Тогда во время работы в компьютер автоматически поступают сигналы с фотоприемника, а затем на исполнительные устройства для «моментальной» корректировки выполняемого процесса по отрывке траншеи, котлована или планировке поверхности.

ЛЕКЦИЯ 3

3 ЗЕМЛЕРОЙНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ

3.1. Общие сведения

Землеройно-транспортные машины (ЗТМ) предназначены для послойного отделения грунта от массива, его захвата и транспортирования. К ним относятся бульдозеры, скреперы, грейдеры, автогрейдеры, грейдер-элеваторы и струги.

Область рационального применения ЗТМ ограничена дальностью перемещения грунта. Бульдозеры эффективны при транспортировании грунта на небольшие расстояния – до 100 м; скреперы с гусеничными тягачами – до 300 м, колесными – 3…5 км. Грейдерами и автогрейдерами обычно перемещают грунт на несколько метров, в некоторых случаях – на несколько десятков метров. Дальность перемещения грунта грейдер–элеваторами и стругами ограничивается вылетом их отвального конвейера или дальностью действия метателя.

ЗТМ классифицируются: по мощности силовых установок: (малой до 100 кВт, средней (100…200) и большой (свыше 200 кВт); по режиму работы – цикличного (бульдозеры, скреперы, грейдеры) и непрерывного (грейдер–элеваторы, струги) действия; по конструкции рабочих органов – ножевые (бульдозеры, грейдеры, автогрейдеры, грейдер–элеваторы и струги), ковшовые (скреперы); по степени подвижности – самоходные, прицепные и полуприцепные.

Землеройно-транспортными машинами, в основном, производятся земляные работы в дорожном, гидротехническом и аэродромном строительстве. Бульдозеры как универсальные машины, применяются для всех видов строительства.

Рабочий процесс ЗТМ цикличного действия состоит из операций отделения грунта от массива (копания), его транспортирования к месту укладки (отсыпки), разгрузки и возвращения машины на исходную позицию. Грунт отделяют от массива гладкими или оснащенными зубьями ножами за счет тягового усилия тягача. В зависимости от вида рабочего оборудования отделенный грунт накапливается перед отвалом или поступает в ковш, которым он транспортируется к месту отсыпки. Скорости передвижения ЗТМ выбирают а зависимости от преодолеваемых сопротивлений и иногда по технологическим соображениям, например, возможностью оптимального управления грейдером или бульдозером при профилировочных и планировочных работах.

В большинстве случаев ЗТМ перемещаются передним ходом. Некоторые виды работ в зависимости от местных условий могут выполняться по челночной схеме с возвратом машины на исходную позицию задним ходом, например, при засыпке траншей и котлованов бульдозером, при планировочных работах на коротких участках.

Все операции рабочего цикла ЗТМ непрерывного действия (резание, транспортирование и разгрузка грунта) выполняются одновременно. При этом для резания используется землеройный рабочий орган, а для перемещения и отсыпка грунта специальный транспортирующий рабочий орган в виде ленточного конвейера или метателя.

3.2. Бульдозеры

Бульдозер состоит из трактора, оборудованного управляемым отвалом с ножом для послойного срезания, перемещения и разравнивания грунта.

Бульдозерами возводятся насыпи, планируются площадки и откосы, отрываются и засыпаются траншеи, котлованы, каналы, штабелируются и распределяются по поверхности различные сыпучие материалы. Они могут использоваться для корчевки пней и валки деревьев, расчистки дорог и площадок, для работы в качестве толкачей скреперов.

Бульдозеры классифицируют по номинальному тяговому усилию и ходовым системам базовых тракторов, назначению, конструктивным отличиям навесного оборудования.

По номинальному тяговому усилию бульдозеры подразделяют на сверхтяжелые – с номинальным тяговым усилием более 350 кН, тяжелые – 200-350 кН, средние – 135-200 кН, легкие – 25-135 кН и очень легкие – менее 25 кН.

Различают бульдозеры общего, специального и многоцелевого назначения. Бульдозеры общего назначения предназначены для землеройно-транспортных и планировочных работ в различных климатических условиях при температуре воздуха от –40 до +40° С.

Специальные бульдозеры предназначены для выполнения таких работ, как прокладка путей и пионерных дорог, сгребание торфа, разравнивание кавальеров, подземная или подводная разработка материалов, разработка легких материалов типа угля, а также для работы в особых климатических и эксплуатационных условиях (при низких отрицательных температурах до –60° С, тропической влажности и температуре до +60° С, в сухом и жарком климате пустынь, в опасных и загазованных местах, на грунтах с пониженной несущей способностью и т.д.). На специальных бульдозерах используют отвалы различных типов, соответствующих их назначению.

Бульдозеры многоцелевого назначения наряду с выполнением обычных землеройно-транспортных работ используют для разработки и засыпки траншей, каналов, скважин, отрывки корыт проведения земляных работ на мерзлых грунтах, погрузочно-разгрузочных работ. В этом случае бульдозерное оборудование агрегатируют с задним оборудованием экскаватора, рыхлителя, канавокопателя, бурильно-крановой машины и т.п.

Бульдозеры – рыхлители выпускают общего и специального назначения. Машины общего назначения служат для разработки и перемещения мерзлых и разборно–скальных грунтов. Бульдозеры – рыхлители специального назначения имеют рыхлительное оборудование в однозубом исполнении для глубокого рыхления грунтов. В многозубом исполнении рыхлители используют на горных работах.

По ходовому устройству различают бульдозеры гусеничные и колесные.

По типу рабочего органа различают бульдозеры (рис. 3.1):

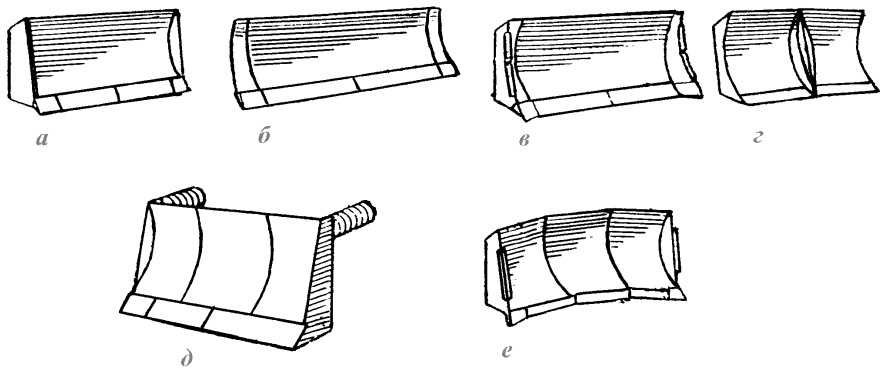

Рис. 3.1 Схемы основных типов отвалов бульдозера:
а – неповоротный; *б* – поворотный; *в* – полусферический; *г* – универсальный (путепрокладочный); *д* – с амортизаторами (для толкания скреперов); *е* – сферический

– с неповоротным отвалом, который установлен перпендикулярно продольной оси машины и не может поворачиваться в плане;

– с неповоротным полусферическим отвалом, боковые части которого установлены под небольшим углом к лобовой поверхности;

– с неповоротным сферическим отвалом, состоящим из трех примерно равных частей, установленных одна к другой под углом около 15°;

– с неповоротным усиленным отвалом, оборудованным амортизаторами для уменьшения ударных нагрузок при толкании скреперов;

– с поворотным отвалом, устанавливаемым в горизонтальной плоскости под углом в обе стороны от продольной оси машины или перпендикулярно к ней;

– универсальные (или путепрокладчики) с шарнирно сочлененным отвалом из двух половин, которые по отдельности или вместе можно устанавливать в горизонтальной плоскости под углом к продольной оси машины или перпендикулярно к ней.

По типу рамы различают бульдозеры с охватывающей и внутренней рамой. Внутреннюю раму используют для бульдозеров толкачей, жесткость которых должна быть повышенной.

По типу механизма управления различают бульдозеры с гидравлическим и канатно-блочным управлением. Управление последнего типа в настоящее время почти не используют.

Бульдозеры выполняют как навесное оборудование на или пневмоколесных) тракторах.

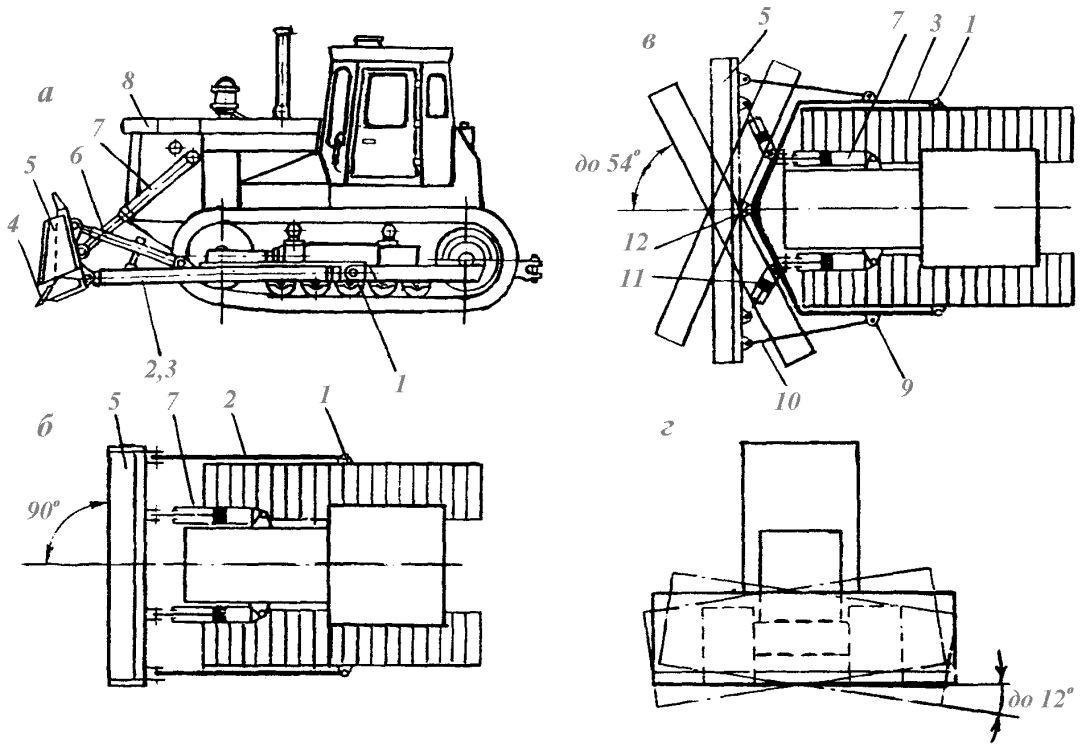

Рис. 3.2 Общий вид бульдозера

Рабочий орган в виде отвала *5* с ножами *4* в его нижней части навешивают на трактор через два толкающих бруса *2* (рис. 3.2, *б*) или универсальную раму *3*, которая имеет шарнирные соединения *1* с боковыми балками ходовых тележек трактора или с кронштейнами его нижней рамы (при пневмоколесном тракторе). Вместе с толкающими брусьями и раскосами *6* (рис. 3.2, *а*) отвал образует жесткую систему, которая с помощью одного или двух гидравлических цилиндров *7* может подниматься и опускаться, поворачиваясь в вертикальной

плоскости относительно шарниров *1*. При этом режущая кромка ножей отвала всегда остается перпендикулярной продольной оси машины.

По второй схеме (бульдозеры с поворотным отвалом) отвал соединяют с универсальной рамой шаровым шарниром *12* (рис. 3.2, *в*) и двумя толкателями *10*, задние шарниры *9*, которых закреплены в ползунах, перемещающихся по направляющим боковых балок подковообразной универсальной рамы и фиксируемых в требуемых положениях закладными штырями. Горизонтальный поворот отвала с отклонениями в каждую сторону на угол до 30…36° выполняется двумя гидроцилиндрами *11*. Замена раскосов *6* постоянной длины винтовыми стяжками или гидроцилиндрами, способными изменять свою длину, обеспечивает регулирование угла резания и поперечный перекос отвала на угол до 12° в каждую сторону (рис. 3.2, *г*). За счет поперечных перекосов отвала удается сократить число повторных проходок при планировке поверхностей с поперечными уклонами и на косогорах и тем самым повысить производительность машины.

С целью расширения области применения бульдозеры снабжают дополнительным быстросъемным оборудованием (рис. 3.3). На рис. 3.3: *1* – жестко закрепляемые или гидроуправляемые уширители: *2* – открылки; *3* – удлинители; *4* – передние и задние рыхлительные зубья; *5* – кирка для взламывания асфальтобетонных покрытий; *6* – ножи для мерзлых грунтов; *7* – кусторезная наставка; *8* – жестко закрепляемая канавная наставка или гидроуправляемый выступающий нож; *9* – откосник с жестким креплением или гидроуправляемый откосник–планировщик; *10* – передние и задние лыжи; *11* – отвальная приставка для работы от стенки; *12* – грузовые вилы; *13* – подъемный крюк.

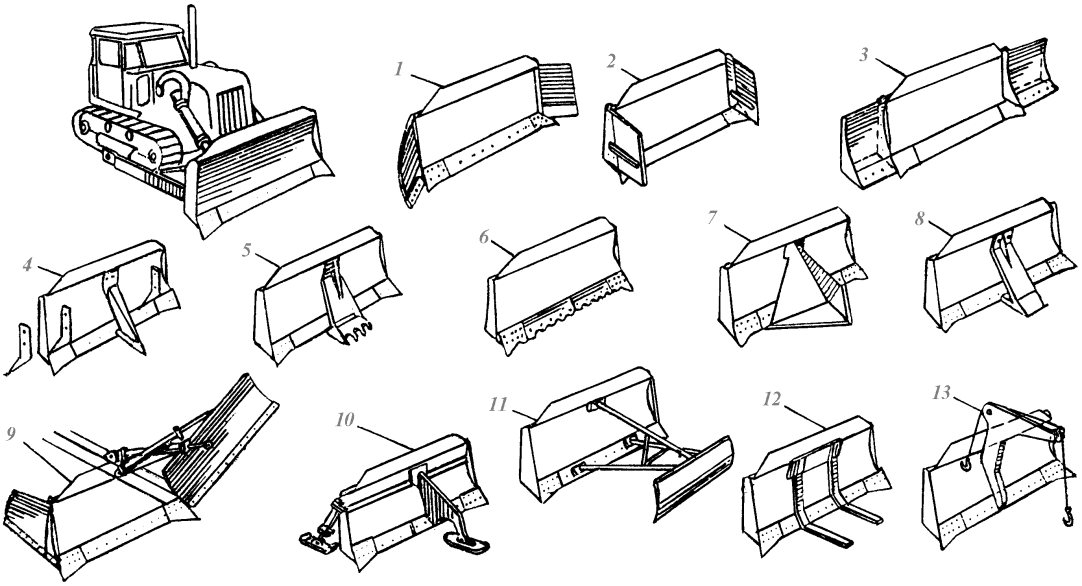

Рис.3.3 Схемы основных видов дополнительного сменного оборудования к бульдозерам с неповоротным отвалом

Определяющим фактором в использовании различных видов сменного дополнительного оборудования к бульдозерам является объем специфических работ и возможность быстрой установки и демонтажа этого оборудования без переездов.

Технология производства земляных работ бульдозерами зависит от конкретных условий: вида и состояния грунта, рельефа местности, дальности перемещения грунта, высоты отсыпаемых насыпей и глубины разрабатываемых выемок.

Рабочий цикл бульдозера состоит из рабочего хода с копанием грунта, остановки для переключения движения на задний ход, холостого хода при возврате в исходное положение для копания и остановки для переключения на передний ход.

Основным элементом рабочего цикла является рабочий ход, при котором осуществляется внедрение отвала в грунт, накапливание перед отвалом определенного объема грунта, называемого призмой волочения, и перемещение его на требуемое расстояние, распределение и укладка грунта. Существуют три наиболее распространенные схемы внедрения отвала в грунт и набора призмы волочения в зависимости от вида грунта, ровности и уклона поверхности.

На ровной поверхности возможно резкое заглубление отвала на максимальную глубину копания и постепенное его выглубление по мере роста призмы волочения.

На нервной поверхности и из-за неточности управления отвалом, которое зависит от типа ходового устройства трактора и квалификации машиниста, внедрение отвала в грунт и набор призмы волочения осуществляют по гребенчатой схеме с частным выглублением и повторным заглублением отвала.

При работе на большом уклоне, когда вес машины способствует копанию, внедрение в грунт и набор призмы волочения можно осуществлять с постоянной глубиной резания.

Бульдозеры с поворотным отвалом, работают в режиме машин непрерывного действия. В этом случае, призма волочения, сформированная из отделенного от массива грунта, непрерывно перемещается в сторону наклона, за его край и укладывается в виде валика параллельно с направлением движения машины.

Некоторые модели гусеничных неповоротных и поворотных бульдозеров могут оснащаться системами комбинированного автоматического управления положением отвала. Аппаратура автоматического управления отвалом обеспечивает повышение качества обработки грунтовой поверхности, повышение производительности машины за счет уменьшения проходов бульдозера по планируемому участку, и снижения утопляемости машиниста.

Выбор основных параметров. К основным параметрам бульдозера относятся номинальное тяговое усилие, эксплуатационная масса, скорости рабочего и обратного хода, среднее статическое давление, положение центра давления, удельное напорное усилие и вертикальное давление на режущей кромке ножа отвала, параметры отвала.

Номинальное тяговое усилие бульдозера:

$$T_{нб.} = \varphi_{сц} \cdot G_{сц}\,, \tag{3.1}$$

где $\varphi_{сц}$ – коэффициент сцепления базовой машины с оборудованием (для гусеничных сельскохозяйственных тракторов $\varphi_{сц}$=0,62, для промышленных – 0,90, для колесных сельскохозяйственных тракторов $\varphi_{сц}$=0,5, для промышленных 0,6);

$G_{сц}$ – сцепной вес бульдозера в рабочем состоянии ($G_{сц} = m_{сц} \cdot g$), где g – ускорение силы тяжести.

При навешивании на базовый трактор только бульдозерного оборудования сцепная масса

$$m_{сц}=(1{,}17\text{-}1{,}22)\cdot m_{бм}, \tag{3.2}$$

где $m_{бм}$ – эксплуатационная масса базовой машины без навесного оборудования.

Если, кроме бульдозерного, навешивается и рыхлительное оборудование, то $m_{сц}$ = (1,35-1,45)$\cdot m_{бм}$.

При наличии одного ведущего моста у двухосного колесного тягача значение $m_{сц}$ находится из условия статического распределения массы тягача между мостами на горизонтальной поверхности.

Если двигатель базовой машины не обеспечивает получение номинального тягового усилия по сцеплению, то за номинальное тяговое усилие принимается усилие $T_{нб}$ (кН) по паспортной характеристике трактора или определяется по формуле:

$$T_{нб} = \frac{3{,}6 \cdot N \cdot \eta_T}{V}; \qquad (3.3)$$

где N- мощность двигателя базовой машины, кВт;

V – низшая рабочая скорость движения базовой машины, км/ч;

η_m – КПД трансмиссии: механической – 0,83…0,86, гидромеханической – 0,73…0,76.

Эксплуатационная масса бульдозера

$$m_б = m_{бм} + m_{бо}, \qquad (3.4)$$

где $m_{бо}$ – эксплуатационная масса бульдозерного оборудования.

Скорость рабочего хода бульдозера зависит от условий работы, мощности и типа тягача и принимается 2,5…6,0 км/ч для гусеничных машин и 3,5…8,0 – для колесных.

Скорость обратного хода бульдозера выбирают с учетом типа ходового оборудования тягача и принимают 5…8 км/ч для гусеничных машин и 8…15 км/ч – для колесных.

Среднее статистическое давление бульдозера:

$$q = \frac{m_б \cdot g}{F}; \qquad (3.5)$$

где F – опорная площадь движителей, для гусеничного бульдозера.

$$F = 2 \cdot L_{оп} \cdot b; \qquad (3.6)$$

а для колесного:

$$F = n \cdot F_к, \qquad (3.7)$$

где $L_{оп}$ – длина опорной поверхности гусениц;

b – ширина гусеницы;

n – число колес;

$F_к$ – площадь отпечатка колеса на грунте.

Основными параметрами отвала являются его ширина B и высота H. Ширина B должна быть такой, чтобы при любом рабочем положении отвала она превышала габаритную ширину ходовой части машины не менее, чем на 100 мм с каждой ее стороны.

Ширина неповоротного отвала $B(м)$ может быть установлена по зависимости:

$$B = 1{,}2...1{,}4 \cdot \sqrt[3]{m_б}; \qquad (3.8)$$

Высота отвала H (мм) может быть определена в зависимости от номинального тягового усилия $T_{нб}$ (кН) бульдозера. При неповоротном отвале ее определяют из выражения:

$$H = 500 \cdot \sqrt[3]{0{,}1 \cdot T_{нб}} - A \cdot T_{нб}; \qquad (3.9)$$

Для поворотных отвалов:

$$H = 450 \cdot \sqrt[3]{0{,}1 \cdot T_{нб}} - A \cdot T_{нб}; \qquad (3.10)$$

где A=0,5 при $T_{нб}$<400 кН и A=1 при $T_{нб}$>400 кН.

Отвалы бульдозера оснащаются козырьком, высота которого составляет (0,1…0,3) H.

Параметры профиля отвала задаются углами резания δ (угол между горизонталью и передней плоскостью ножей), наклона ε (угол между горизонталью и линией, соединяющей верхнюю кромку отвальной поверхности с режущей кромкой среднего ножа отвала), и опрокидывания β (угол между горизонталью и касательной к остальной поверхности в верхней кромке отвала) (рис. 3.4). Экспериментально установлена целесообразность создания отвалов с постоянным радиусом кривизны, который выбирается в диапазоне R = (0,8…0,9) H.

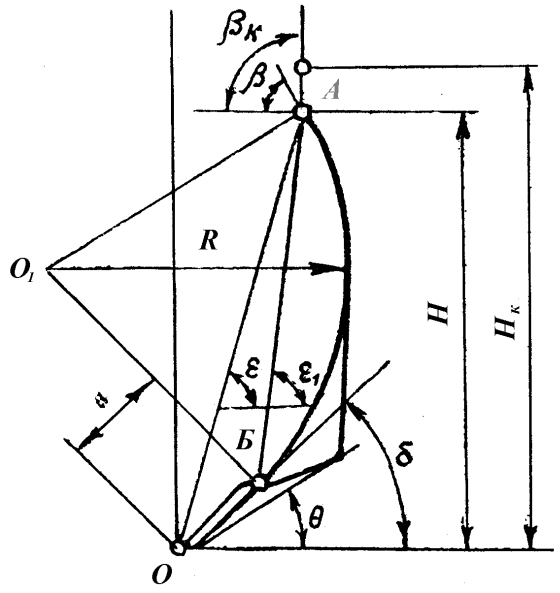

Рис. 3.4 Профиль отвала бульдозера

Построение профиля выполняется в соответствии с рис. 3.4 следующим образом. Из точки 0 (начало координат) проводят прямую *О-А* под углом ε и прямую *О-Б* под углом δ к оси абсцисс.

Точка *А* получается в результате пересечения прямой *О-А* с горизонталью, проведенной на расстоянии *Н* от точки *0*. Из точки *А* проводится прямая под углом опрокидывания β являющаяся касательной к профилю отвала в этой точке. Перпендикуляр к этой касательной *АО* пересекается с перпендикуляром к касательной *ОБ* в центре профиля отвала O_1, откуда радиусом $O_1A=O_1Б=R$ может быть очерчен профиль криволинейной части отвала. Рекомендуется назначать δ=50…55°; ε=75°; β=70…75°, значение «а» принимается равным ширине ножа, т.е. 120, 150, 200, 250, 300, 350, 450 мм.

Задний угол «θ» следует выбирать так, чтобы линия *О-Б* проведенная от режущей кромки ножа под углом θ к горизонту, не пересекала выступающих частей на тыльной стороне отвала. При этом необходимо обеспечить условие $\delta - \theta \geq 20°$.

Бульдозеры общего назначения с поворотным отвалом имеют угол поворота в плане (угол захвата) не более 62°. Рекомендуется принимать угол поворота 40…45°.

Высоту подъема отвала выбирают из условия обеспечения угла въезда, который должен быть не менее 20°.

Опускание отвала ниже опорной поверхности ходовой части базовой машины выбирают таким, чтобы угол между опорной поверхностью гусеницы и линией, соединяющей режущую кромку опущенного отвала с центром давления, был ниже 20°.

Тяговый расчет. Тяговый расчет бульдозера позволяет вычислить максимальную глубину резания в заданных грунтовых условиях, оценить возможности тягача при транспорти-

ровании грунта с подрезанием стружки минимальной толщины, определить угол подъема, который может преодолеть машина с максимальной призмой волочения.

Условие тягового расчета:

$$P \le T_{нб} \tag{3.11}$$

здесь P – сопротивление перемещению бульдозера в процесс копания грунта (кН), которое складывается из сопротивления перемещения машины с учетом уклона $P_{пер}$, сопротивления грунта резанию $P_{рез}$, сопротивления перемещению призмы волочения $P_{пр}$, сопротивления перемещению грунта вверх по отвалу $P_{от}$:

$$\begin{aligned} P = P_{пер} + P_{рез} + P_{пр} + P_{от} = m_б \cdot g \cdot \left(f \cdot \cos\alpha_п \pm \sin\alpha_п\right) + B \cdot h \cdot k + \\ V \cdot \delta_р \cdot g \cdot \mu_2 + V \cdot \delta_р \cdot n \cdot \mu_1 \cdot cos^2\delta \end{aligned}, \tag{3.12}$$

где f – коэффициент сопротивления движению;

$\alpha_п$ – угол продольного уклона пути;

h– глубина резания, м;

k – удельное сопротивление грунта резанию, кПа;

$\delta_р$ – плотность разрыхленного грунта (т/м^3);

μ_1 – коэффициент трения грунта по металлу;

μ_2 – коэффициент трения грунта по грунту;

g – ускорение свободного падения, м/с^2.

Объем призмы волочения рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{B \cdot H^2}{2 \cdot K_{пр}}, \tag{3.13}$$

где $K_{пр}$ – коэффициент, зависящий от характера грунта и отношения H/B. При H/B =0,3-0,4; $K_{пр}$=0,8–0,9 для связных грунтов и 1,2-1,3 для несвязных грунтов.

Расчет по зависимости (3.12) проводят для следующих расчетных положений:

1. Начальный этап заполнения отвала, призма грунта отсутствует, т.е. V=0;

2. Конечный этап заполнения отвала при резании грунта с максимальным объемом призмы волочения.

Первое расчетное положение служит для определения максимальной глубины резания:

$$h_{\max} = \frac{T_{нб} - m_б \cdot g \cdot \left(f \cdot \cos\alpha_п \pm \sin\alpha_п\right)}{B \cdot к}. \tag{3.14}$$

Во втором положении находят минимальную глубину резания:

$$h_{\min} = \frac{T_{нб} - m_б \cdot g \cdot \left(f \cdot \cos\alpha_п \pm \sin\alpha_п\right) - V \cdot \delta_р \cdot g \cdot \left(\mu_2 + \mu_1 \cdot \cos^2\delta\right)}{B \cdot к}. \tag{3.15}$$

Минимальные значения глубины резания должны быть не менее значений $h_п$, определяемых по условию возмещения потерь грунта из призмы в боковые валики в процессе ее перемещения:

$$h_п = \frac{\Delta \cdot V}{B^2}, \tag{3.16}$$

где Δ – опытный коэффициент, равный 0,29 для связных грунтов и 0,45 – для малосвязных.

Если бульдозер поворотный, то сопротивление перемещению бульдозера в процессе копания:

$$P_{пов} = P_{пер} + P_{рез} \cdot \sin\gamma + P_{пр} \cdot \sin\gamma + P_{от} \cdot \sin\gamma + P_{вд}, \quad (3.17)$$

где $P_{вд}$ – сопротивление перемещению грунта вдоль по отвалу:

$$P_{вд} = V \cdot \delta_р \cdot g \cdot \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \cos\gamma. \quad (3.18)$$

Для бульдозера с поворотным отвалом расчеты ведут при угле захвата $\gamma = \pi / 2$, а также при наименьшем угле захвата (40…45°) для первого расчетного положения и для положения, когда $h = 0$. На основании расчетов устанавливают возможность использования той или иной передачи при копании и перемещении грунта.

Наиболее вероятными условиями работы машин общего назначения, которые необходимо класть в основу расчетов, можно считать разработку характерного грунта категории II (плотность 1850 кг/м^3, коэффициент разрыхления 1,3, угол внутреннего трения 40°, угол внешнего трения о сталь 35°, удельное сопротивление резанию грунта 130 КПа).

Производительность бульдозера и пути ее повышения. Эксплуатационную производительность (м^3/ч) при разработке и перемещении грунта определяют по выражению:

$$П_э = \frac{3600 \cdot V_{пр} \cdot к_в}{t_ц \cdot к_р}, \quad (3.19)$$

где $V_{пр}$ – объем грунта в призме волочения в конце копания в разрыхленном состоянии, м^3;

$к_в$ – коэффициент использования рабочего времени;

$t_у$ – продолжительность рабочего цикла, с;

$к_р$ – коэффициент разрыхления грунта.

Продолжительность цикла (с) при движении бульдозера с поворотами на концах участка:

$$t_ц = 3{,}6 \cdot \left(\frac{L_к}{V_к} + \frac{L_{пер}}{V_п} + \frac{L_к + L_{пер}}{V_х} \right) + 2t_{пов} + t_{пп} + t_{оп}, \quad (3.20)$$

где $L_к$ и $L_{пер}$ – длина участков резания и перемещения (несовмещенного с копанием), м;

$V_к$, $V_п$, $V_х$ – скорости рабочего, транспортного и возвратного ходов, км/ч;

$t_{пов}$ – время необходимое на один разворот, с;

$t_{пп}$ – время на переключение передач, с;

$t_{оп}$ – время на опускание и подъем отвала, с.

При планировочных работах производительность бульдозера (м^2/ч):

$$П_э = \frac{3600 \cdot L_{пл} \cdot (B \cdot \sin\gamma - 0{,}5) \cdot K_в}{n \cdot \left(\frac{L_{пл}}{V_{раб}} + t_{пов} \right)}; \quad (3.21)$$

где $L_{пл}$ – длина участка планировки, м;

γ – угол установки отвала в плане, град;

$V_{раб}$ – скорость рабочего хода, м/с;

n – число проходов по одному месту.

Перемещение грунта бульдозером с неповоротным отвалом сопровождается потерями его в боковые валики, образуемые одновременно с началом резания. Их сечение пропорционально объему грунта перед отвалом.

Для восполнения потерь грунта при перемещении его, осуществляют дополнительное резание. Без дополнительного подрезания грунта набранная призма теряется на расстоянии 8-10 м.

Уменьшения потерь грунта можно добиться реализацией ряда мероприятий, которые можно разделить на технологические и конструктивные.

К технологическим мероприятиям относится производство работ траншейным способом, при котором грунт перемещается по одному и тому же следу. Грунт удерживается с торцов отвала стенками траншеи или ранее образовавшимися валиками грунта. Значительно сокращаются потери грунта при спаренной или строенной работе бульдозеров, когда бульдозеры движутся параллельно вблизи друг друга, а отвалы не позволяют грунту просыпаться между ними. Эффективна работа бульдозера отрезками, на части длины рабочего хода, когда грунт доставляется к месту отвала не сразу, а этапами. В этом случае призму волочения, набранную на первом проходе, не перемещают до конца, а оставляют на середине дистанции рабочего хода. Набранную при втором проходе призму доставляют к этому же месту и на некоторое расстояние бульдозер, не останавливаясь, перемещает двойную призму волочения. То же самое повторяется при третьем проходе, после чего грунт доставляется к месту укладки. Разновидностью этого способа является так называемая работа через вал, которую обычно применяют на склонах и особенно при сталкивании грунта под крутой откос.

К конструктивным мероприятиям относится установка на торцах отвалов, открылок и уширителей, а также козырьков для увеличения высоты отвала.

Еще больший эффект дают отвалы совкового и сферического типов, но их применение в липких грунтах практически невозможно. Исключение составляют совковые отвалы с подвижной средней секцией. При заглублении отвала в грунт, средняя секция, свободно поднимаясь относительно крайних, не участвует в резании грунта. Копание грунта производится только крайними косоустановленными секциями, что позволяет устранить залипание отвала.

Повышению производительности бульдозера за счет снижения сопротивления копанию способствует создание на поверхности отвала в зоне трения газовой смазки. Подача сжатого газа на поверхность рабочего органа, создающего воздушную подушку между грунтом и отвалом, существенно (до 30%) снижает силы сопротивления и следовательно, позволяет повысить рабочие скорости бульдозера.

Эффективность и область применения бульдозеров определяются отношением тягового усилия к длине режущей кромки отвала. Увеличения удельной силы тяги на отвале можно достичь перекосом отвала в вертикальной плоскости или уменьшением длины режущей кромки путем установки на отвале выступающего среднего ножа. В том и другом случае становится возможной разработка более прочных и замерзших грунтов.

Автоматическое управление отвалом бульдозера также способствует повышению производительности.

3.3. Грейдеры и автогрейдеры

Автогрейдер землеройно-транспортная машина с ножевым рабочим органом, предназначенная в основном для профилирования земляного полотна автомобильных и железных дорог. Автогрейдерами можно выполнять: планирование площадок аэродромов и строительных, отсыпку насыпи высотой до 0,6 м из боковых резервов, рытье и очистку кюветов и канав трапецеидального и треугольного профиля, отрывку и планировку корыта для дорожных оснований; перемешивание грунта, щебня или гравийных материалов с вяжущими – биту-

мом и цементом, а также разрушение дорожного покрытия, зачистку и планирование откосов и выемок, очистку улиц и дорог от снега.

Автогрейдеры классифицируют: по мощности двигателя (кВт) и по соответствующей ей массе машины (т) на легкие – (45-50) и (9), средние – (65-75) и (10-13), тяжелые – (120-130) и (14-19), особо тяжелые (270-320) и более 20; по количеству осей и типу колесной схемы, которую обозначают буквами *А* х *Б* х *В*, где *А* – число осей с управляющими колесами, *Б* – число ведущих осей, *В* – общее число осей автогрейдера; по типу привода рабочих органов.

Наибольшее распространение получили автогрейдеры с колесной схемой 1 х 2 х 3 и 1 х 3 х 3. колесные схемы 2 х 2 х 2, 3 х 3 х 3 сложны конструктивно и их выпуск не превышает 4% от общего количества.

Привод рабочих органов автогрейдера может быть механическим, гидравлическим или комбинированным (электрогидравлическим, пневмогидравлическим).

Автогрейдер (рис. 3.5) состоит из силовой установки, трансмиссии, основной и тяговой рам, рабочих органов, ходовой части и механизмов управления рабочими органами и ходовой частью. К последним относят механизмы передвижения, подъема и опускания правого и левого концов отвала, его поворота в горизонтальной плоскости, выноса тяговой рамы в сторону, бокового перемещения отвала, изменения угла резания, наклона колес в вертикальной плоскости. Передняя ось имеет поперечную балансирную подвеску. Задние колеса предусмотрены парные с продольно-балансирными подвесками, что позволяет автогрейдеру сохранять хорошие планирующие свойства при движении по неровной поверхности.

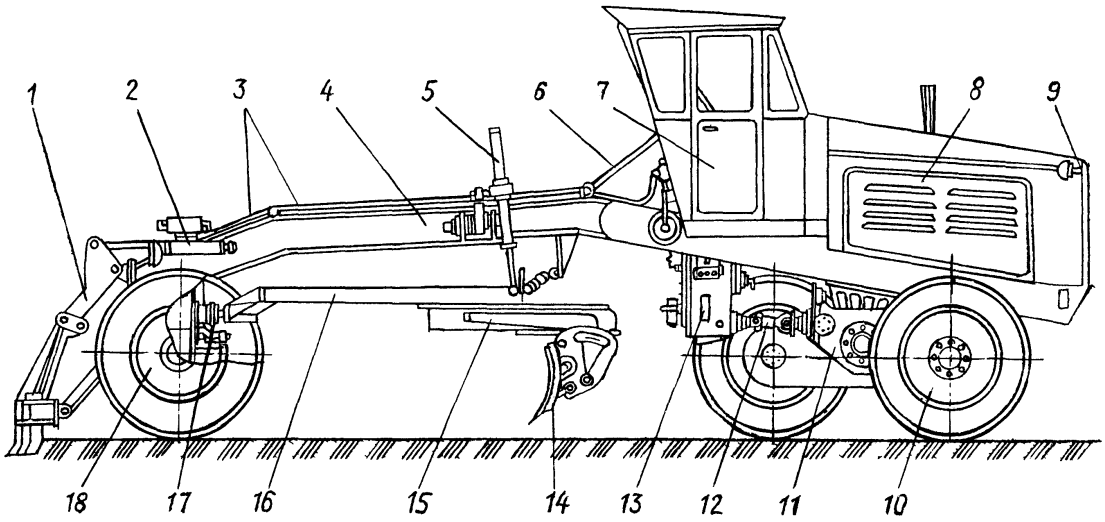

Рис. 3.5 Конструктивная схема автогрейдера: *1* – рыхлитель; *2,5* – гидроцилиндры; *3,12* – карданные валы; *4* – основная рама; *6* – вал рулевого колеса; *7* – кабина; *8* – двигатель; *9* – радиатор; *10* – задний мост; *11* – сцепление; *13* – коробка перемены передач; *14* – отвал; *15* – поворотный круг; *16* – тяговая рама; *17* – цапфа переднего моста; *18* – передний мост

Рабочим органом машины является отвал. К нему прилагают иногда сменное оборудование в виде удлинителя и откосника, которые нужны для увеличения ширины захвата при отделке откосов насыпей. В комплект автогрейдера входит также кирковщик, который используется для рыхления старого покрытия или грунта. Для выполнения автогрейдером различных работ изменяют положение отвала в вертикальной и горизонтальной плоскости.

Передние колеса (у автогрейдеров со всеми управляемыми колесами и задние) могут наклоняться относительно вертикальной оси, что облегчает работу машины на косогорах, а при планировании откосов обеспечивает ее устойчивость. Изменяют положения отвала в горизонтальной плоскости вращением поворотного круга вокруг его вертикальной оси, а в вертикальной плоскости – подъемом или опусканием правого или левого концов тяговой рамы.

Отвал можно также выносить в стороны. Для этого тяговая рама, к которой подвешен поворотный круг, специальным гидроцилиндром (или механизмом) может поворачиваться в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси крепления ее передней точки (шарнира). Задние мосты машины подвешены к основной раме посредством опорных балансиров и реактивных штанг, передний мост посредством шкворня. Наличие шкворня и балансиров позволяет автогрейдеру плавно передвигаться по неровной местности.

В качестве силовых установок на автогрейдерах обычно используют дизельные двигатели. В узел трансмиссии входят многоступенчатая коробка перемены передач, раздаточная коробка, демультипликатор, главная передача и балансирные редукторы, что обеспечивает до десяти рабочих и транспортных скоростей. Выпускают автогрейдеры с гидромеханической трансмиссией, а также машины с гидромотор – колесами.

Основные рамы автогрейдеров изготовляют преимущественно однобалочные трубчатого или коробчатого сечения. Ось рамы совпадает с продольной осью машины, что дает возможность в широких пределах изменять углы установки отвала в вертикальной плоскости и облегчает операцию по его выносу в стороны.

Основным видом работ, для которых предназначен автогрейдер, является профилирование земляного полотна последовательными проходами по планируемой поверхности. Рабочий процесс машины заключается в срезе и поперечном перемещении грунта вдоль отвала, расположенного под углом к направлению движения автогрейдера. Грунт перемещается поперек движения автогрейдера на расстояние, чаще всего недостаточное для укладки грунта в тело сооружения. Поэтому каждый срез должен сопровождаться несколькими проходами по перемещению срезанного грунта на необходимое расстояние для укладки его в заданное место.

Число проходов определяют по схеме возведения земляного сооружения. Скорости проходов для срезки и перемещения грунта выбираются по тяговым усилиям автогрейдера и возникающим сопротивлениям. Обычно проходы по срезке грунта выполняются на первой передаче, а проходы по перемещению – на второй и третьей.

Время на разворот в конце участка выбирается также в зависимости от дорожных условий и колеблется в пределах 1-1,5 мин.

Кроме проходов для среза и перемещения грунта, при устройстве насыпей и выемок приходится еще выполнять ряд проходов для отделки сооружения, который равен 20-30% общего числа проходов по срезке и перемещению грунта. Отделочные проходы, как правило, выполняются на первой передаче.

Длина рабочего участка выбирается по конкретным дорожным условиям (наличие искусственных сооружений, постоянство поперечных сечений земляного сооружения и т.д.) наиболее целесообразная длина участка (не менее 1 км) определяется расстоянием между трубами или мостами либо поперечным профилем дороги.

Для автоматизации управления положением отвала на автогрейдерах устанавливается система автоматики. Это комбинированная система, в которой высотное положение отвала контролируется по копирному устройству обычно лазерного типа, а поперечный наклон отвала – по автономному датчику. Использование этой системы позволяет существенно увеличить производительность машины и повысить качество планируемых поверхностей.

Выбор основных параметров. Главным параметром автогрейдера является общая масса машины m_a, к основным относятся мощность двигателя N, сила тяги $T_{сц}$, рабочие $V_{раб}$ и транспортные $V_{тр}$ скорости, параметры отвала: длина B, высота H, радиус кривизны r, колея B_0 и база L_0 автогрейдера.

Общая масса автогрейдера m_a и сцепная $m_{сц}$ связаны следующей зависимостью:

$$m_{сц} = \varphi \cdot m_a ; \qquad (3.22)$$

где φ – коэффициент, учитывающий колесную схему, φ=0,7 при схеме 1 х 2 х 3 и φ=1 для машин со всеми ведущими колесами.

Максимальную свободную силу тяги автогрейдера можно определить по сцепной массе:

$$T_{сц} = m_{сц} \cdot g \cdot \varphi_{сц} = m_a \cdot \varphi \cdot g \cdot \varphi_{сц}; \quad (3.23)$$

Длина отвала (м) рассчитывается по формуле:

$$L = (0{,}7...0{,}76) \cdot \sqrt{m_a} + 1{,}2; \quad (3.24)$$

Высота отвала, м:

$$H = 0{,}2 \cdot B - 0{,}12; \quad (3.25)$$

Отвалы автогрейдеров изготавливают с радиусом постоянной кривизны (рис. 3.6), величину которого определяют по формуле:

$$r = \frac{H}{(\cos\Psi + \cos\alpha)}; \quad (3.26)$$

где α – угол резания, в зависимости от вида работ измеряют в пределах 30…80^0. обычно принимают α = 30…45°;

Ψ – угол опрокидывания, Ψ =65…70°.

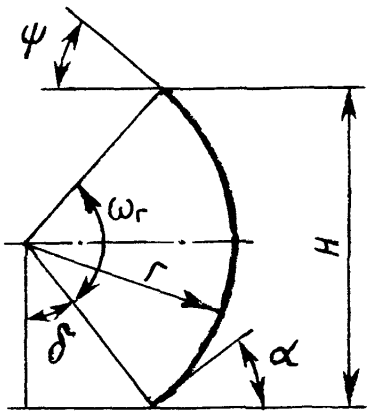

Рис. 3.6 Схема отвала автогрейдера

Тяговый расчет. В тяговых расчетах автогрейдеров различают их рабочий и транспортный режимы. Для рабочего режима характерны большие тяговые усилия и малые скорости перемещения, для транспортного – малые усилия и большие скорости.

Условия тягового расчета на рабочем режиме:

$$T_{сц} \geq W_к$$

на транспортном режиме

$$T_{сц} \geq W_т,$$

где $T_{сц}$ – сцепная сила тяги автогрейдера;

$W_к$ и $W_т$ – сопротивления движению автогрейдера соответственно на рабочем и транспортном режиме:

$$W_к = W_р + W_{тр1} + W_{пр} + W_{тр2} + W'_{тр2} + W_п \quad (3.27)$$

Сопротивление грунта резанию:

$$W_р = к \cdot F_с \cdot \sin\lambda; \quad (3.28)$$

где $F_с$ – площадь вырезаемой стружки:

$$F_с = \frac{m \cdot S}{n}; \quad (3.29)$$

Сопротивление трения ножа о грунт:

$$W_{тр1} = \mu_1 \cdot \varphi_1 \cdot W_р; \quad (3.30)$$

где φ_1=0,1÷0,2 – коэффициент пропорциональности;

μ_1=0,35÷0,8 – коэффициент трения грунта по металлу.

Сопротивление перемещению призмы волочения:

$$W_{пр} = \mu_2 \cdot G_{пр} \cdot \sin\lambda; \quad (3.31)$$

где μ_2 – коэффициент трения грунта о грунт, μ_2=0,5…1,0;

$G_{пр}$ – сила тяжести призмы волочения:

$$G_{пр} = \frac{H^2 \cdot L \cdot g \cdot \rho}{к_п}; \quad (3.32)$$

где $к_п$ – коэффициент, учитывающий форму призмы волочения в зависимости от угла резания, скорости движения и свойств грунта, величина $к_п$ принимается равной примерно 2;

ρ – плотность грунта т/м^3.

Сопротивление передвижению грунта вверх по отвалу:

$$W_{тр2} = \mu_1 \cdot G_{пр} \cdot \cos^2\alpha \cdot \sin\lambda; \quad (3.33)$$

Сопротивление перемещению грунта вдоль по отвалу:

$$W'_{тр2} = \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot G_{пр} \cdot \cos\lambda; \quad (3.34)$$

Сопротивление перемещению автогрейдера:

$$W_п = m_а \cdot g \cdot [(1-a) \cdot f + a \cdot \mu_1 \pm i]; \quad (3.35)$$

где a – коэффициент, определяющий какая часть силы тяжести автогрейдера передается на отвал. Он изменяется от 0 до 0,5 и может быть принят для приближенных расчетов равным 0,25;

i – уклон пути, %.

Производительность автогрейдера и пути ее повышения. Производительность автогрейдера определяют по объему вырезанного и перемещенного грунта в единицу времени, в километрах спрофилированной дороги или в квадратных метрах спланированной площади.

При возведении земляного полотна дороги из двухстороннего резерва производительность автогрейдера определяется:

$$П_э = \frac{3600 \cdot V \cdot К_в}{t_ц}; \quad (3.36)$$

где V – объем вырезанного в резерве и перемещенного в тело насыпи грунта;

$K_в$ – коэффициент использования рабочего времени;

$t_ц$ – время затраченное на разработку и перемещение грунта в объеме V.

Если работа производится на участке протяженностью $L_р$, то объем грунта, вырезанный автогрейдером за один проход туда и обратно, составит $V=2\cdot1000\cdot L_р\cdot F_с$; м^3, а время цикла:

$$t_ц = t_{рез} + t_{пер} + 2t_{пов}; \qquad (3.37)$$

где $t_{пов}$ – время разворота автогрейдера в конце участка.

Площадь сечения стружки можно определить по формуле:

$$F = \frac{m_а \cdot g \cdot \varphi_{сц} \cdot \varphi}{к}; \qquad (3.38)$$

Время вырезания грунта будет равно $t_{рез} = \frac{2 \cdot L_р}{V_к}$, а время перемещения грунта $t_{пер} = \frac{2 \cdot L_{пер}}{V_{тр}}$, где $V_к$=0,83…1,10 м/с, $V_{тр}$=1,6…2,2 м/с.

Производительность автогрейдера при профилировании можно определить по формуле:

$$П = \frac{L_{пл} \cdot K_в}{t_ц}; \qquad (3.39)$$

где $L_{пл}$ – длина участка профилирования, км;

$t_п$ – время профилирования, ч.

$$t_п = \frac{L_{пл} \cdot n}{V_{пл} + t_{пов} \cdot (n-1)}; \qquad (3.40)$$

где n – число проходов необходимое для профилирования, n=10…16.

Повышение производительности автогрейдеров возможно за счет увеличения их единичной мощности и повышения рабочих скоростей движения. Последнее обуславливает применение автоматизированного управления автогрейдером, позволяющего повысить производительность труда при планировке и профилировании на 30…40%, а также значительно улучшить качество работ.

Существенно повысить производительность и эффективность автогрейдеров можно применением газовой смазки поверхности отвала, которая ведет к снижению сопротивления грунта копания, и, следовательно, позволяет увеличить площадь вырезаемой стружки или рабочую скорость движения автогрейдера.

3.4. Скреперы

Скрепером называют землеройно–транспортную машину с ковшовым рабочим органом, предназначенную для послойной разработки грунта тяговым усилием, его транспортирования и отсыпки в земляные сооружения. Скреперы применяют в промышленном, гидротехническом и дорожном строительстве. Скреперами можно разрабатывать грунты до IV категории включительно. Для повышения эффективности работы скреперов на грунтах III- IV категорий их предварительно разрыхляют. Для более быстрого наполнения ковша применяют толкачи, увеличивающие силу тяги тягача.

Скреперы используют для устройства насыпей из боковых резервов, выемок с перемещением грунта в насыпь, возведения плотин, дамб, отрывки котлованов, производства вскрышных, мелиоративных и ирригационных работ, а также для предварительного уплотнения грунта, уложенного в насыпь.

Скреперы классифицируют по вместимости ковша, способу передвижения, схеме подвески ковша, способу его загрузки и разгрузки, по виду передней заслонки и системе управления.

По вместимости ковшей скреперы подразделены на малые (до 4,0 м^3), средние (5…12 м^3) и большие (15 м^3 и более).

По способу передвижения различают скреперы прицепные, полуприцепные и самоходные.

По схеме подвески ковша скреперы бывают рамной и безрамной конструкции. У первых ковш шарнирно подвешен к специальной раме, у вторых рамой, опирающейся на ось, является сам ковш.

Загрузку ковша современных скреперов осуществляет либо за счет силы тяги под давлением срезанной стружки грунта, либо с помощью встроенного в переднюю часть ковша скребкового элеватора или шнека (рис. 3.7).

Для машин малой мощности характерна свободная разгрузка, хотя определенным недостатком ее является неполное опорожнение ковша, особенно при разработке липких грунтов. Принудительная и полупринудительная разгрузка, обеспечивающие наилучшее опорожнение ковша, применяется главным образом в машинах средней и большой вместимости. Эффективна и щелевая разгрузка, во время которой днище ковша наклоняется на значительный угол. В скреперах с элеваторной загрузкой обычно применяется донная выгрузка грунта.

Передние заслонки могут быть плавающими и управляемыми. В первом случае при разработке грунта заслонка поднимается давлением призмы волочения, во втором – при помощи подъемного механизма, блокирующего управление заслонкой и ковшом.

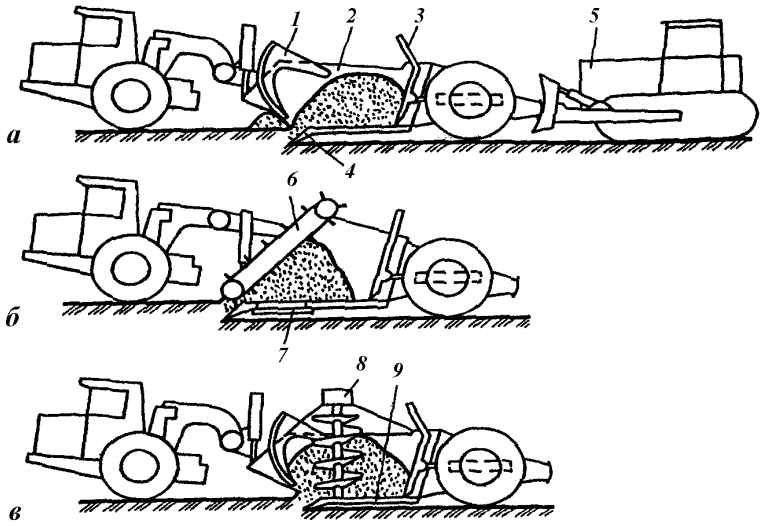

Рис. 3.7 Классификация скреперов по типу загрузки ковша:
а – скрепер с тяговой загрузкой; *б* – скрепер с элеваторной загрузкой;
в – скрепер со шнековой загрузкой; *1* – заслонка; *2* – ковш; *3* – задняя стенка; *4* – ножи;
5 – трактор-толкач; *6* – элеватор; *7* – откатное днище; *8* – привод; *9* – шнек

По системе управления рабочим органом различают скреперы с гидравлическим и канатно–блочным управлением. При гидравлическом управлении режущая кромка ковша заглубляется в грунт принудительно, а при канатно–блочном – под действием силы тяжести его. Последняя схема в современных конструкциях скреперов не применяется.

Применительно к скреперам разработана автоматическая система управления. Это одноканальная автономная или копирная по жестким направляющим система, которая обеспечивает поддержание машиной заданного уклона планируемой поверхности, а также автоматическое перемещение задней стенки ковша при подсыпке и загрузке грунта.

По способу разгрузки различают скреперы со свободной разгрузкой (вперед или назад), полупринудительной (щелевой или донной) и принудительной. Разновидности скреперных ковшей по способу разгрузки показана на рис. 3.8.

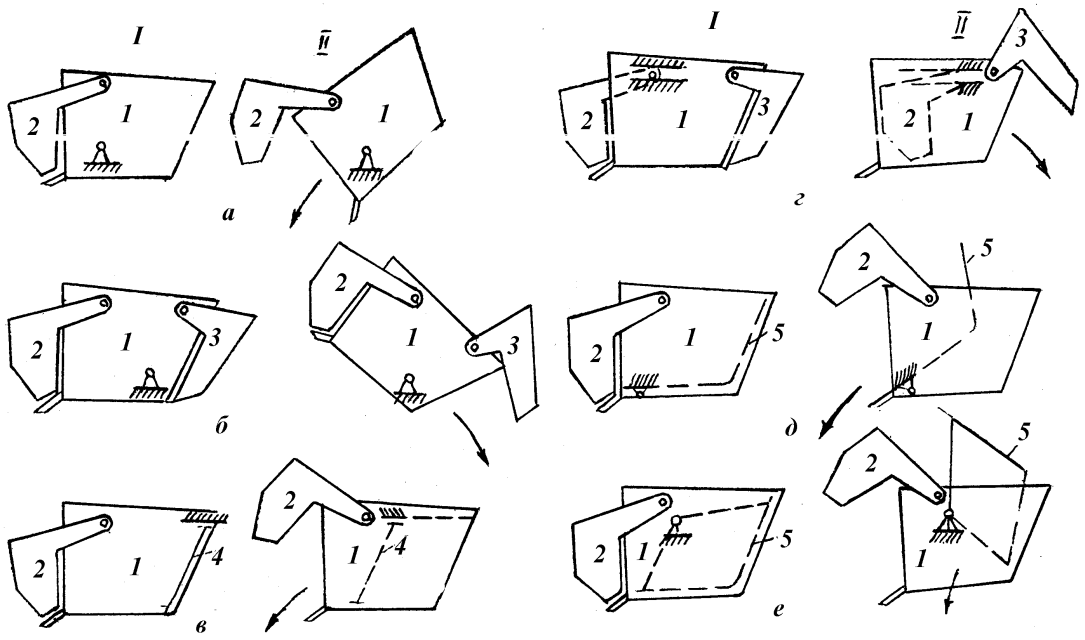

Рис.3.8 Транспортное *I* и разгрузочное *II* положения скреперных ковшей разных конструкций, различаемых по способу разгрузки:
а – свободная, наклоном вперед; *б* – то же назад; *в* – принудительная, движением вперед задней стенки; *г* – то же движением назад передней заслонки; *д* - полупринудительная, наклоном вперед днища и задней стенки; *е* – полупринудительная щелевая, наклоном вперед днища и задней стенки; *1* – ковш; *2* – передняя заслонка; *3* – задняя заслонка; *4* – подвижная задняя стенка; *5* – подвижные днище и задняя стенка

Конструктивные схемы и рабочий процесс. Рабочим органом скрепера является ковш *4* (рис. 3.9) ограниченный днищем, боковыми и задней стенками и оснащенный ножами I. Спереди ковш закрыт заслонкой *8*, соединенной с ним шарнирно. Задней частью ковш опирается на ось задних колес *6*, а в передней части он соединен упряжными шарнирами *3* с боковыми балками *2* тяговой рамы, относительно которой он может изменять свое положение в вертикальной плоскости. Тяговая рама своей передней балкой *10*, чаще всего изогнутой и вертикальной плоскости, соединена с тягачом *12* непосредственно (рис. 3.29, *б, в*) или через тележку (рис. 3.9, *г*). Опорой тяговой рамы служит универсальный шарнир 11 (рис. 3.9, *а*), позволяющий прицепной части поворачиваться относительно тягача или тележки в любых направлениях.

У скреперов с принудительной загрузкой ковша скребковым элеватором (рис. 3.9 *е*) передняя заслонка отсутствует.

В качестве тягача прицепного скрепера обычно применяют гусеничный трактор. Полуприцепные скреперы агрегатируют с двухосными, а самоходные – с одноосными тягачами.

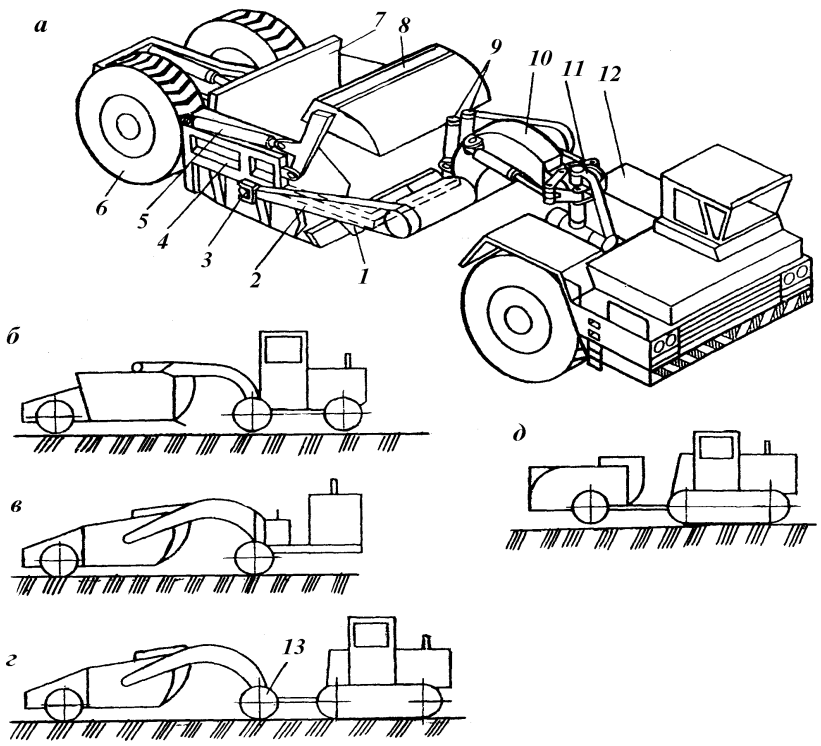

Рис. 3.10 Самоходный скрепер (*а*), схемы соединения с тягачом (*б-д*)

Рабочий цикл скрепера состоит из последовательно выполняемых операций копания грунта и заполнения им ковша, транспортирования грунта в ковше к месту укладки, разгрузки ковша и возвращения машины на исходную позицию следующего рабочего цикла. В начале копания ковш опускают на грунт, приоткрывая заслонку с таким расчетом, чтобы в режиме копания при заглубленных ножах ее нижний обрез находился несколько выше уровня поверхности земли. Перемещаясь вперед режущая кромка ковша заглубляется в грунт, срезая слой толщиной, равной глубине копания. Заполняется ковш в результате продвижения слоя сквозь грунт, уже накопившийся в нем. Образующаяся в процессе копания призма волочения накапливается перед заслонкой, не препятствуя прохождению срезаемого грунта в ковш.

Период заполнения ковша можно разделить на два этапа. На первом этапе грунт движется к задней стенке и заполняет прилегающую к ней часть ковша. Этот этап заканчивается образованием у задней стенки ковша грунтовой призмы, наклоненной под углом, близким к углу естественного откоса грунта (рис. 3.11, *а*).

На втором этапе заполняется остальная часть ковша в результате своего рода фонтанирования грунта на вершине образующейся призмы и скатывания кусков грунта по ее боковым поверхностям (рис. 3.11, *б*). Этот этап завершается образованием грунтового тела с откосами, идущими от стенок ковша и заслонки (рис. 3.11, *в*).

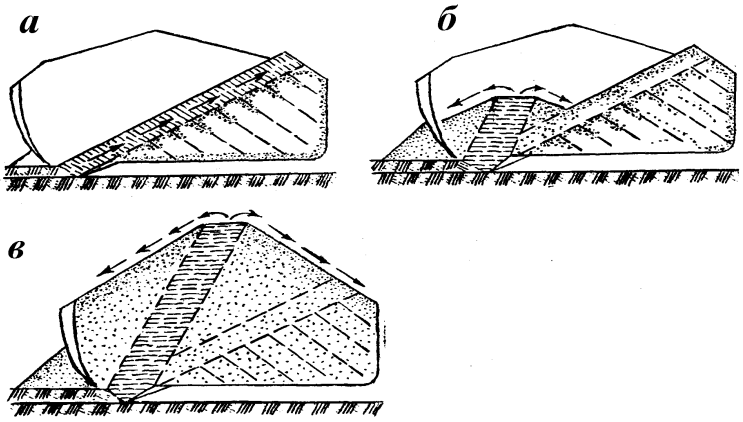

Рис. 3.11 Последовательность заполнения скреперного ковша

В зависимости от свойств грунта характер процесса заполнения может меняться. При разработке сыпучих грунтов стружка разрушается еще до заполнения ковша, вследствие чего процесс заполнения прекращается.

После заполнения ковша его поднимают в транспортное положение так, чтобы между режущей кромкой и поверхностью земли был достаточный для транспортирования зазор - клиренс, закрывают ковш заслонкой и перемещают на транспортной скорости к месту укладки грунта, где его разгружают, затем ковш снова переводят в транспортное положение и возвращают скрепер на исходную позицию следующего рабочего цикла.

Выбор основных параметров. В качестве главного параметра скрепера принята геометрическая вместимость ковша $q_к$. К основным параметрам ковша относят также его ширину B, высоту H и длину L (рис. 3.12).

Основными параметрами скрепера являются масса машины, распределение массы по осям, рабочая и транспортная скорости, мощность двигателя.

Геометрическая вместимость ковша (м^3) регламентируется стандартом и имеет значения для прицепных скреперов 3; 4; 5; 8; 10; 15; 25; для самоходных – 8; 10; 15; 25; 40 м^3.

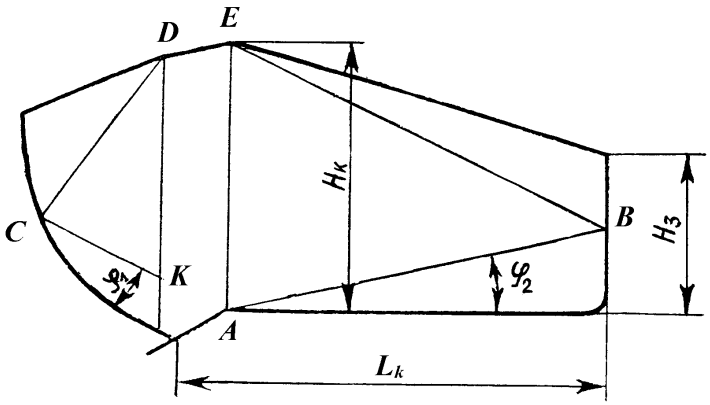

Рис. 3.12 Основные параметры ковша скрепера

Ширина ковша:

$$B = B_m + 60...120\,; \qquad (3.40)$$

где B_m – ширина опорной поверхности тягача, мм.

Последняя может быть вычислена, если известна колея тягача K_m и ширина гусеницы либо колеса $B_к$, тогда:

$$B_m = K_m + B_к; \quad (3.41)$$

Габаритная ширина ковша в конечном счете ограничивается допустимыми габаритами грузов для железнодорожного состава, чтобы обеспечить возможность перевозки скреперов по железной дороге.

$$B_c = B + 2\Delta; \quad (3.42)$$

где Δ – сумма толщины боковой стенки и ее накладок жесткости, толщины несущей боковой тяги передка и зазоров. Необходимых для взаимных перемещений узлов в работе: $\Delta = 175...265 мм$;

В зависимости от вместимости ковша $q_к$ К.А. Артемьев рекомендует определять его ширину в метрах по следующим формулам:

При $q_к$=1,15…11 м^3 B=1,43· $q_к^{0,33}$

При $q_к$=11…25 м^3 B=3,91+0,01· $q_к$.

Высота ковша:

$$H = (0,4...0,6) \cdot B; \quad (3.43)$$

Длина ковша:

$$L = (1,4...1,8) \cdot H; \quad (3.44)$$

Большее значение L принимается для кошей малой вместимости. При проектировании скрепера его массу (т) предварительно можно принять равной:

для прицепного скрепера:

$$m_c = q_к \cdot m_{уд}; \quad (3.45)$$

где $m_{уд}$ – масса, приходящаяся на 1 м^3 вместимости ковша, $m_{уд}$=1 т/м^3.

для самоходного скрепера:

$$m_c = 2,1 + 1,9 \cdot q_к; \quad (3.46)$$

Рабочая и транспортная скорости прицепных скреперов принимаются при заполнении ковша (0,65-0,8)·V_1, при движении груженого скрепера на горизонтальном участке (0,55-0,75)·$V_{макс}$, порожнего – (0,75…0,85) $V_{макс}$, где V_1 – скорость движения тягача на первой передаче; $V_{макс}$ – скорость движения на высшей передаче.

Для самоходных скреперов максимальная транспортная скорость регламентируется ГОСТом в пределах 50 км/ч, рабочая определяется по формуле:

$$V_p = \frac{3,6 \cdot N \cdot \eta}{W}; \quad (3.47)$$

где N – эффективная мощность двигателя тягача кВт; W – общее сопротивление, преодолеваемое скрепером в конце заполнения ковша (см. тяговый расчет); η - КПД трансмиссии скрепера.

Тяговый расчет. Основная задача тяговых расчетов скреперов заключается в определении силы тяги или мощности двигателя для преодоления рабочих и транспортных сопро-

тивлений при заданной вместимости ковша и подборе соответствующего тягача или толкача (если предусмотрена работа с толкачом). Может быть решена и обратная задача: задан тягач и требуется подобрать ковш. В этом случае ориентировочно принимается вместимость скреперного ковша, а затем выполняются расчеты по определению рабочих сопротивлений, силы тяги или мощности двигателя.

Условия тягового расчета:
для самоходных машин:

$$P_к + T_{тол} \cdot K_о \geq W; \tag{3.48}$$

для прицепных скреперов:

$$T_{тяг} + T_{тол} \cdot K_о \geq W; \tag{3.49}$$

где $P_к$ – максимальная окружная сила на ведущих колесах скрепера;

$T_{тяг}$, $T_{тол}$ – соответственно максимальная сила тяги на крюке тягача и толкача;

$K_о$ – коэффициент одновременности работы толкача и тягача, $K_о$=0,85…0,9;

W – суммарное сопротивление скрепера в конце заполнения ковша складывается из четырех сопротивлений: перемещению груженого скрепера W_1, резанию W_2, перемещению призмы волочения W_3 и наполнению ковша W_4:

$$\begin{aligned} W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 = (m_c + m_r) \cdot q \cdot f + \kappa \cdot B \cdot h + \\ + q \cdot y \cdot B \cdot H^2 \cdot \delta_p \cdot \mu_2 + (q \cdot h \cdot B \cdot H \cdot \delta_p + q \cdot B \cdot H^2 \cdot \delta_p \cdot x) \end{aligned}; \tag{3.50}$$

где m_r – масса грунта в ковше, $m_r = q_к \cdot \delta_p$;

y – коэффициент объема призмы волочения перед заслонкой, равный 0,5…0,7;

δ_p – плотность грунта в разрыхленном состоянии, т/м^3;

x – опытный коэффициент, для глины составляет 0,24…0,31, суглинка и супеси – 0,37…0,44, песка – 0,46…0,5;

μ_2 – коэффициент трения грунта по грунту принимаемый 0,5…1,0;

κ – коэффициент удельного сопротивления грунта резанию (кПа);

h – глубина резания, м.

При выборе величины h можно руководствоваться следующими данными: при разработке суглинков для скреперов вместимостью 6, 10, 15 м^3 принимается минимальная глубина 0,04…0,06, 0,08…0,1, 0,12…0,14 м. При копании супесей следует брать 0,06…0,08, 0,1…0,12, 0,14…0,16 м.

Проверка расчета производится по условию сцепления машины с грунтом:

$$G_{сц} \cdot \varphi_{сц} \geq T = W; \tag{3.51}$$

Или

$$G_{сц} \cdot \varphi_{сц} \geq P_к = W; \tag{3.52}$$

где $G_{сц}$ – сцепной вес скрепера;

$\varphi_{сц}$ – коэффициент сцепления.

Необходимая мощность двигателя тягача для прицепного скрепера, работающего без толкача:

$$N = \frac{\left[m_m \cdot g\left(f + i\right) + W\right] \cdot V}{\eta}; \qquad (3.53)$$

где m_m – масса тягача; V – скорость движения.

Для самоходного скрепера при работе без толкача:

$$N = \frac{W \cdot V}{\eta}; \qquad (3.54)$$

Производительность скреперов и пути ее повышения. Эксплуатационную производительность скрепера определяют по формуле:

$$П_э = \frac{3600 \cdot q_к \cdot K_в \cdot к_н}{t_ц \cdot к_р} \text{ м}^3/\text{ч}; \qquad (3.55)$$

где $q_к$ – геометрическая вместимость ковша, м^3;

$K_в$ – коэффициент использования рабочего времени;

$к_н$ – коэффициент наполнения ковша ($к_н$=0,5…1,2 в зависимости от вида грунта и использования толкача); $t_ц$ – продолжительность цикла, с;

$к_р$ – коэффициент разрыхления грунта ($к_р$=1,0…1,3).

Продолжительность цикла:

$$t_ц = \frac{L_р}{V_к} + \frac{L_{пер}}{V_{тр}} + \frac{L_у}{V_ц} + \frac{L_р + L_{пер} + L_у}{V_х} + 2 \cdot t_{пов} + t_{пп} + t_{оп}; \qquad (3.56)$$

где $L_р$ – длина пути наполнения скрепера;

$L_{пер}$ – длина пути транспортирования грунта;

$L_у$ – длина пути разгрузки скрепера;

$V_ц$,$V_х$,$V_к$,$V_{тр}$ – скорость скрепера при разгрузке и обратном ходе, копании и транспортировании, м/с;

$t_{пов}$ – время на один поворот, $t_{пов}$=15…20 с; $t_{пп}$ – время на переключение передач,

$t_{пп}$=6…8 с;

$t_{оп}$ – время на операции с ковшом, $t_{оп}$=7…10 с.

Длину пути наполнения скрепера определяют из выражения:

$$L_р = \frac{q_к \cdot к_н \cdot K_п}{0{,}7 \cdot B_к \cdot h \cdot к_р}; \qquad (3.57)$$

где 0,7 – коэффициент, учитывающий неравномерность стружки;

$K_п$ – коэффициент потери грунта при образовании призмы волочения и боковых валиков $K_п$=1,2…1,6;

$B_к$ – длина режущей кромки, м;

h – глубина резания, м.

Из формулы (3.55) следует, что производительность скрепера тем выше, чем больше объем грунта, захватываемого ковшом, и чем меньше длительность рабочего цикла.

К технологическим мероприятиям по увеличению объема грунта, захватываемого ковшом, относится применение толкача при загрузке ковша, загрузка при движении под уклон, работа по гребенчатой системе вырезки грунта в забое.

К конструктивным мероприятиям относится применение различных режущих кромок ковша, которые могут быть прямолинейной, ступенчатой, полукруглой формы, с зубьями или без них.

Нож с прямолинейной кромкой нерационален с точки зрения энергоемкости резания и степени заполнения; его следует применять лишь при планировочных работах. Энергоемкость резания ступенчатыми и полукруглыми ножами меньше, а толщина среза грунта в средней части ковша больше, что улучшает условия продвижения стружки сквозь грунт в ковше и способствует его заполнению.

Постановка зубьев затрудняет продвижение стружки в ковше, но снижает энергоемкость резания. Их рекомендуется применять в скреперах с элеваторной загрузкой, когда отрицательное влияние измельчения грунта зубьями не влияет на заполнение ковша и при том же тяговом усилии ускоряется загрузка ковша. Зубьями целесообразно оснащать режущую часть ковша также при разработке грунтов с твердыми включениями.

Определенный эффект может быть достигнут за счет оптимизации формы ковша, применения телескопической системы заполнения ковшей, двухщелевой загрузки, подгребания грунта в ковше, использования элеваторов для заполнения ковшей, применения газовой смазки ковша и ряд других.

Дальнейшее совершенствование скреперов определяется задачами комплексной механизации и автоматизации строительства: увеличения единичной мощности машин, автоматизации управления, расширения применения гидропривода, увеличения выпуска машин в северном исполнении, замены устаревшей землеройной техники. Предусматривается повышение энергонасыщенности и рабочих скоростей агрегатов традиционного исполнения при неизменных размерах оборудования, рост типоразмеров и создание крупных и сверхтяжелых агрегатов, разработка новых методов взаимодействия скреперов с грунтом.

Рост энергонасыщенности скреперов и их типоразмеров возможен за счет роста рабочих и транспортных скоростей, мощности двигателей, применения электронного и гидропневматического оборудования и систем автоматического управления.

3.6. Землеройно-фрезерные машины

Землеройно-фрезерные машины (ЗМФ) принимаются для послойной разработки мерзлого грунта при строительстве дорог, различного рода планировочных работах, а также взламывания асфальтобетонных дорожных покрытий с последующей экскавацией разрушенных материалов бульдозером.

Рабочий орган ЗМФ – фреза диаметром 900-1200 мм, представляющая собой горизонтальный полый вал с приваренными перпендикулярно его оси кронштейнами, которые оснащены сменными режущими наконечниками (клыками) с износостойкой твердосплавной наплавкой. Кронштейны в количестве от 21 до 26 расположены на валу по одной или двум винтовым линиям, расходящимся от середины вала. Такая расстановка кронштейнов обеспечивает определенную последовательность работы каждого резца, минимальную энергоемкость процесса фрезерования, ровность планируемой поверхности, а также транспортирование части разрушенного грунта к краям обрабатываемой полосы.

ЗФМ базируются на серийных гусеничных бульдозерах с номинальным тяговым усилием 100-150 кН. ЗФМ ДП – 31АХЛ на базе трактора Т-130.1.Г.1. (рис. 3.13) оборудована фрезерным рабочим органом *6* с приводом *1*, механизмом навески. Гидроприводом *3* подъема и опускания рабочего органа, а также бульдозерным отвалом. Рабочий орган *6* навешен на трактор посредством четырехзвенного шарнирного механизма, звеньями которого являются корпус редуктора *2* отбора мощности, бортовые редукторы *7*, тяги *4* и нижняя рама *8*.

Бортовые редукторы *7* жестко связаны между собой балкой *5*, на кронштейнах которой смонтированы ведомые звездочки цепных передач.

Привод вращения рабочего органа состоит из редуктора отбора мощности, цепных передач и бортовых редукторов. Входной вал редуктора получает вращение от вала отбора мощности трактора. На выходном валу редуктора смонтированы ведущие звездочки цепных передач. Ведомые звездочки связаны с приводными валами бортовых редукторов. В конструкции использованы однорядные втулочно – роликовые цепи.

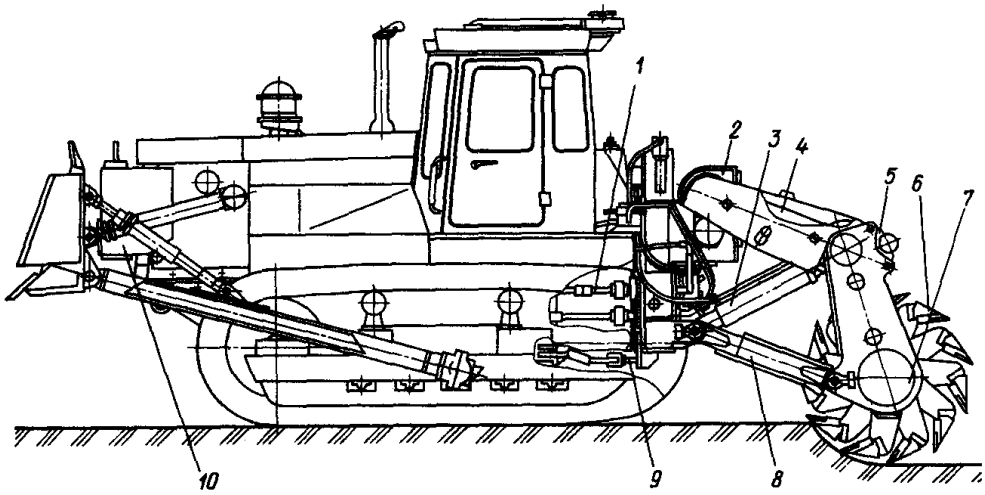

Рис.3.13 Машина ДП-31АХЛ послойного фрезерования грунта

Гидропривод подъема и опускания рабочего органа состоит из двух гидроцилиндров *3*, симметрично расположенных относительно середины фрезы.

Для снижения скорости движения трактора при фрезеровании грунта машина оборудована гидромеханическим ходоуменьшителем с приводом *9* от вала отбора мощности. Для уравновешивания фрезерного рабочего оборудования в транспортном положении и при работе отвалом бульдозера имеется противовес *10* укрепленный в передней части машины.

Основным недостатком ЗМФ является интенсивный абразивный износ режущих элементов.

Современные ЗМФ за один проход обрабатывают полосу грунта шириной 2,6-3,4 м при глубине фрезерования 0,25-0,35 м. После каждого прохода фрезой разрушенный грунт убирается бульдозерным отвалом. Производительность ЗМФ при разработке мерзлого грунта составляет 140-400 $м^3$/ч.

Траншейные экскаваторы (цепные и роторные) широко применяются для разработки мерзлых песчано-глинистых грунтов. Регулируя скорость передвижения и применяя различные типы режущей части рабочего органа, одни и те же модели машин можно использовать для разработки как обычных, так и мерзлых грунтов. Это достигается применением суженных зубьев–клыков и модульным размещением ковшей на роторе или цепи. Сужение зубьев необходимо для сосредоточения усилий резания на узких участках воздействия на грунт. При этом зубьям придаются такие размеры и форма, при которых козырек ковша исключается из процесса резания.

ЛЕКЦИЯ 4

4 МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ГИДРОМЕХАНИЗАЦИИ

4.1 Гидромониторы

Гидромеханизация – особый способ производства земляных работ, при котором разработка, транспортирование и укладка грунта осуществляются при помощи воды. Гидромеханизация основана на свойстве быстродвижущейся воды размывать грунт и переносить его во взвешенном состоянии к месту укладки, где вследствие уменьшения скорости вода теряет несущую способность и частицы грунта оседают.

Этим способом в гидротехническом строительстве возводят платины, дамбы и насыпи, разрабатывают котлованы под различные гидромеханические сооружения, каналы, углубляют водоемы, добывают песчано - гравийные материалы.

Различают два способа гидромеханизации земляных работ: гидромониторный и землесосный. При гидромониторном способе разработка грунта осуществляется его размывом высоконапорной струей воды, формируемой и направляемой в забой *6* гидромонитором *5* (рис. 4.1).

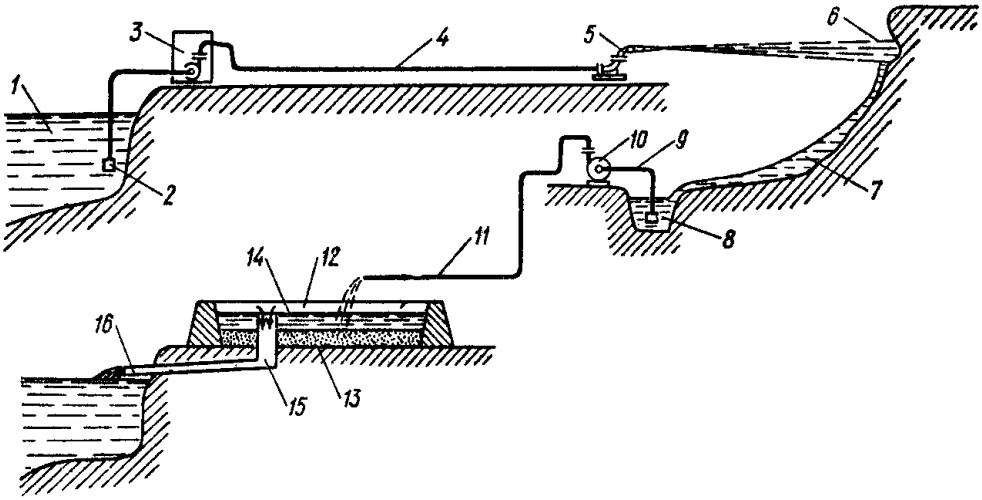

Рис.4.1 Общая схема гидромониторной разработки грунта: *1* – источник водоснабжения; *2* – водозаборное устройство; *3* – насосная станция; *4* – напорный водопровод; *5* – гидромонитор; *6* – забой; *7* – размытый грунт (пульпа); *8* – зумпф (колодец для сбора пульпы); *9* – пульповсасывающее устройство; *10* – грунтовой насос; *11* – пульповод; *12* – участок укладки пульпы (карта); *13* – осевший грунт; *14* – осветленная вода; *15* – шандорный колодец для отвода осветленной воды; *16* – лоток для сброса осветленной воды.

Требуемое давление воды создается водяным насосом *3,* которая по напорному трубопроводу *4* подается к гидромонитору *5*. Забор воды осуществляется из водоема через водозаборное устройство *2*. Размытый грунт вместе с отработавшей водой – пульпа *7* – стекает в специальное углубление (зумпф) *8*, откуда грунтовым насосом *10* через пульповсасывающее устройство *9* нагнетается в трубопровод–пульпопровод *11* и предварительно обвалованные участки – карты *12*. Вследствие падения скорости движения пульпы взвешенные частицы грунта *13* оседают, а осветленная вода *14* через шандорный колодец *15* и лоток *16* отводится для сброса или повторного использования.

При землесосном способе разработки подводных грунтов применяют плавучие, землесосные установки (землеснаряды) (рис. 4.2).

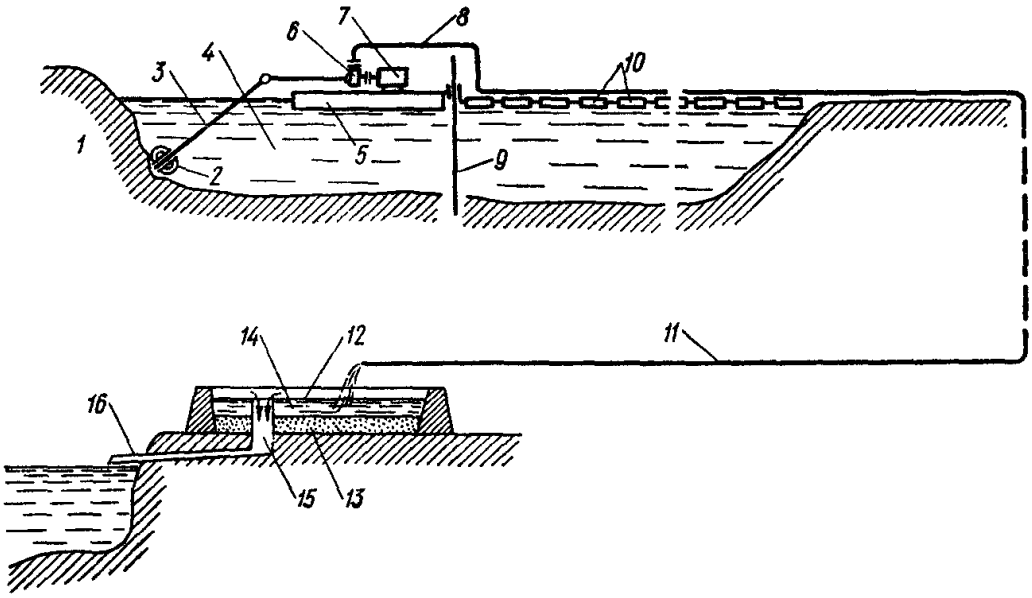

Рис.4.2 Общая схема земснарядной разработки грунта: *1* – забой; *2* – рыхлитель; *3* – всасывающее устройство; *4* – водоем; *5* – понтон; *6* – грунтовой насос; *7* – двигатель грунтового насоса; *8* – напорный пульповод; *9* – свайный аппарат; *10* – поплавки для удержания пульповода; *11* – сухопутная часть пульповода; *12* – карта; *13* – осевший грунт; *14* – осветленная вода; *15* – шандорный колодец; *16* – лоток для сбора осветленной воды

Плотные подводные грунты в забое *1* разрабатывают механическим способом с применением рыхлителей *2*, а их транспортирование по всасывающему трубопроводу *3*, напорному пульпопроводу *8* и сухопутной части пульпопровода *11*, осуществляют грунтовым насосом *6*, приводимым двигателем *7*, расположенным на понтоне *5*. Укладка грунта производится (позиции *12-18*) также, как и при гидромониторном способе. Для удержания земснаряда на рабочем месте в водоеме *4* служит свайный аппарат *9*.

Гидромеханический способ разработки грунтов отличается высокой эффективностью и производительностью, особенно при массовых объемах земляных работ. Однако для его реализации требуется большое количество воды, в связи с чем он применим для разработки грунтов вблизи водоемов, с береговых урезов и со дна водоемов. Кроме того, способ гидромеханизации применим не для всех грунтов. Плохо поддаются такой разработке грунты, содержащие большое количество камней, а также плотные глинистые.

Гидромониторы – устройства, предназначенные для формирования высоконапорной водяной струи. Они превращают потенциальную энергию воды, подаваемой по напорному трубопроводу, в кинетическую энергию струи и направляют ее в нужную точку забоя.

Гидромониторы различают по способу управления (ручные и дистанционные), по подвижности (переставные и самоходные); по дальности действия (дальнего и ближнего действия), по напору воды (низконапорные с давлением до 1,2 МПа и высокомоторные с давлением более 1,2 МПа) .

Чтобы подавать водяную струю в разные точки забоя, в современных конструкциях гидромониторов предусмотрена возможность кругового поворота ствола в горизонтальной плоскости, а в вертикальной – на угол 45-75^0.

Гидромонитор (рис. 4.3) состоит из нижнего колена *1*, установленного на салазках *7*, и верхнего колена *2*, соединенного с нижним подшипниковым полноповоротным устройством *I*, уплотненным манжетой *6*.

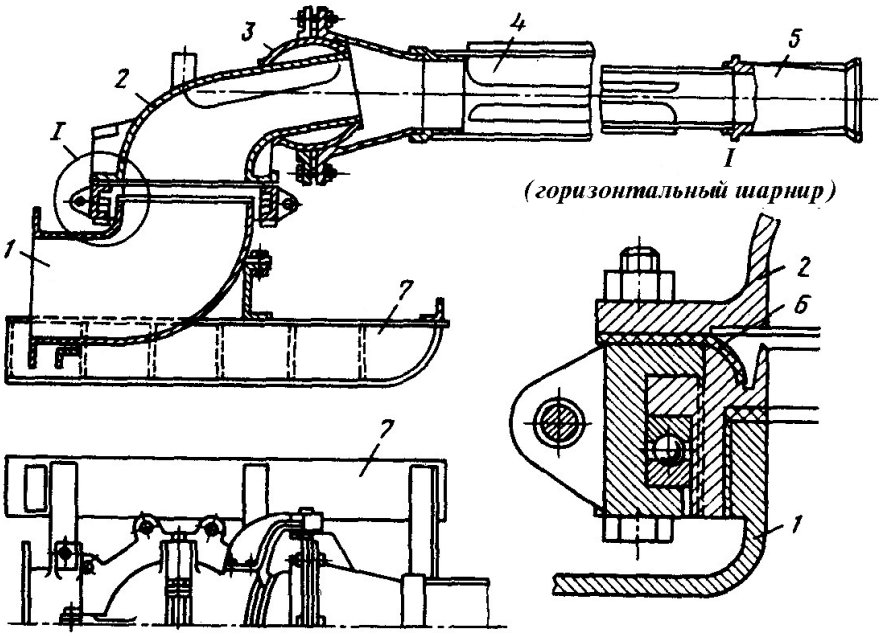

Рис. 4.3 Конструктивная схема гидромонитора

Ствол *4* с насадкой *5* на конце соединен с верхним коленом шаровым шарниром *3* с сальниковым уплотнением для поворота в вертикальной плоскости. Для компактного формирования струи насадка сужается к выходному концу, а для направления струи без ее вращения внутренняя поверхность ствола имеет продольные ребра.

Гидромониторы питают водой с помощью насосных установок, состоящих из двух или более центробежных насосов. Вода поступает по напорному трубопроводу, присоединенному к фланцу нижнего колена *1*.

Эффективность работы гидромонитора зависит от размывающей способности струи, характеризуемой давлением на забой, зависящим от ее давления из насадки, площади поперечного сечения последней, расстояния от насадки до забоя.

Производительность гидромонитора по воде определяют через расход:

$$Q_{г.м} = \mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2g \cdot H} \ ; \qquad (12.1)$$

где μ – коэффициент расхода, μ = 0,9- 0,93; w – площадь поперечного сечения насадки, м^2;

g – ускорение свободного падения;

H – напор у насадки, м.

Для определения производительности по грунту используют нормы требуемого количества воды для размыва данного грунта.

4.2 Гидроэлеваторы

Гидроэлеватор (эрлифт) предназначен, прежде всего, для удаления осадка из различных водоприемных камер, песколовок, а также нефтеловушек. Данный прибор представляет собой струйный аппарат, который преобразует кинетическую энергию потока рабочей жидкости, истекающей из сопла, в энергию динамического напора смешанного потока, состоящего из рабочей и перекачиваемой насосом жидкостей, вместе образующих пульпу. Рабочая жидкость попадает в гидроэлеватор(эрлифт) по напорному трубопроводу.

Эрлифт представляет собой устройство, предназначенное специально для подъема жидкости с определенной глубины на какую-либо высоту с помощью сжатого воздуха.

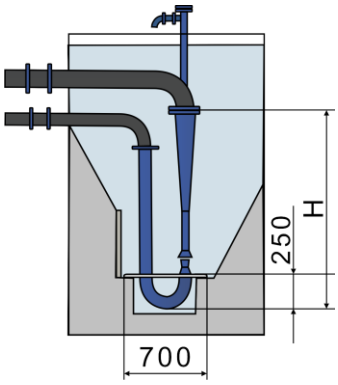

Рис.4.4 Принципиальная схема гидроэлеватора

Принцип работы гидроэлеватора (эрлифта)заключается в следующем: при введении воздуха под определенным давлением в нижнюю часть трубы, предварительно опущенной в воду, то возникшая в трубе воздушная эмульсия (вода с пузырьками воздуха) начнет подниматься вверх благодаря разнице удельных масс воздушной эмульсии в трубе и воды в скважине. Отметим, что чем больше пузырьков воздуха, тем воздушная эмульсия легче.

Гидроэлеваторы различной производительности широко применяются:

a. для подачи активного циркуляционного ила, а также для подъема сточных вод на определённую высоту на канализационных очистных сооружениях;
b. для подачи химических реагентов на различных водопроводных очистных сооружениях;
c. для подачи воды из скважин;
d. для добычи нефти.

Опыт показал, что наравне с небольшими недостатками (малым КПД, невозможностью забора воды из сооружений малой глубины), гидроэлеваторы (эрлифты) обладают большим количеством достоинств, наиболее заметных во время эксплуатации устройств на очистных сооружениях:

1. Простота конструкции устройства.
2. Отсутствие движущихся элементов.
3. Допустимость наличия в транспортируемой жидкости взвесей в неограниченном количестве;
4. Источник энергии – сжатый воздух, который поступает от воздуходувок.
5. Возможность откачки пульпы насухо.
6. Минимальные расходы на регулярное обслуживание устройств.

Многообразие различных конструктивных решений гидроэлеваторов позволяет применять их в самых разных производственных отраслях.

Для правильной работы эрлифта (гидроэлеватора) необходимо небольшое геометрическое погружение h смесителя (расстояние от уровня воды в зумпфе к месту попадания сжатого воздуха в смеситель), величина которого зависит, прежде всего, от высоты подъема H (расстояние от водного уровня в зумпфе к месту слива пульпы из воздухоотделителя) гидросмеси и варьируется в пределах отнескольких метров до десятков и сотен метров.

4.3. Землесосы

Землесос представляет собой центробежный насос специальной конструкции, приспособленный для всасывания грунта из-под воды и транспортирования воды с грунтом (гидросмеси) по напорным трубопроводам.

Землесос состоит из следующих основных частей: корпуса, рабочего колеса, крышек, вала и всасывающего патрубка.

От обычных водяных центробежных насосов землесосы отличаются в основном тем, что все проводящие каналы у них рассчитаны на пропуск воды с грунтом и крупнообломочными включениями. Кроме того, в землесосах предусматривается целый ряд специальных конструктивных особенностей в целях снижения износа деталей.

Конструктивно землесосы выполняют одноступенчатыми, т. е. с одним рабочим колесом с односторонним всасыванием, иначе крупные фракции гидросмеси затрудняли бы работу землесоса при своем переходе из одного рабочего колеса в другое. Кроме того, для обеспечения прохода крупных фракций применяется небольшое количество лопаток (2—5), а проходное сечение рабочего колеса выполняется почти равным сечению всасывающего патрубка.

Рабочим органом землесоса является его рабочее колесо. Главными геометрическими параметрами рабочего колеса, определяемыми гидравлическими расчетами, являются наружный и внутренний диаметры по лопаткам, ширина колеса и форма лопаток. Рабочие колеса землесосов могут быть открытого, полузакрытого и закрытого типа.

Рабочие колеса выполняют цельнолитыми из чугуна, углеродистой или специальной стали; для уменьшения их износа применяют покрытие твердыми сплавами, специальную термическую обработку и гуммирование (покрытие слоем резины). Колеса жестко крепятся на конце вала землесоса фланцами или сажаются на конусный конец вала с последующей затяжкой гайкой.

Рабочее колесо помещается в улиткообразном, обычно разъемном корпусе землесоса, где происходит преобразование скоростного напора в давление.Для осмотра и очистки корпуса в нем имеется люк, закрываемый крышкой на болтах. В верхней части корпус имеет отверстие с фланцем для присоединения трубы небольшого диаметра.

Эффективность работы землесоса зависит в основном от двух взаимосвязанных и влияющих друг на друга процессов: грунто-забора (всасывания) и грунтоотвода (гидротранспорта грунта). Под всасывающей способностью землесоса понимается его способность отрывать частицы грунта от забоя и подавать забранную гидросмесь по всасывающему трубопроводу к центру рабочего колеса. Под транспортирующей способностью понимается способность землесоса перемещать гидросмесь определенного расхода и консистенции по напорному трубопроводу.

При необходимости подачи гидросмеси на значительную высоту или ее транспортирования на большие расстояния напор, развиваемый одним землесосом, равный для землесоса среднего размера 1 км, может оказаться недостаточньш. В этих случаях применяется последовательная работа землесосов с перекачкой гидросмеси из основного землесоса в землесосы перекачивающих станций. Перекачивающие станции могут быть береговыми или плавучими.

К числу существенных недостатков землесосов относятся: – ограниченность развиваемого напора [800—900 кн/м2 (80— 90 м вод. ст.)] для самых крупных моделей; – ограниченность крупности материала, который может перекачивать землесос (сечение проточной части землесосов не превышает 0,5—0,6 диаметра всасывающего патрубка).

4.4 Землесосные установки и снаряды

Грунтовый насос является основным агрегатом для перекачки пульпы. Он представляет собой одноступенчатый центробежный насос одностороннего всасывания. Его конструктивное отличие от центробежных насосов для чистой воды состоит в приспособлении всех пульпопроводящих каналов к пропуску абразивных грунтовых частиц.

Как правило, насос приводят в движение от индивидуального электродвигателя. Комплекс оборудования, состоящий из электродвигателя, насоса, основания (фундаментов, рамы. понтона), трубопроводов, пусковой аппаратуры и вспомогательных систем, называют землесосной установкой.

Землесосные установки бывают передвижными: сухопутными (на санях, гусеничном, шагающем и железнодорожном ходу) и плавучими (на понтонах) и реже стационарными.

Плавучая землесосная установка, оборудованная рядом специальных устройств, называется земснарядом. Она предназначена для извлечения грунта из-под воды и перекачивания его в смеси с водой к месту укладки.

По силовому оборудованию землеснаряды классифицируются: на электрические и дизельные; по производительности – на земснаряды малой мощности (до 100 м^3/ч), средней (100-500 м^3/ч) и большой (более 500 м^3/ч).

Общая схема земснаряда показана на рис. 4.5. Он представляет собой судно с надстройкой. Для удержания земснаряда на рабочем месте и для его рабочих перемещений служит свайный аппарат 11 и папильонажные лебедки 13 (лебедка поворота земснаряда) позволяющие производить веерообразные перемещения всасывающего устройства и поступательное движение земснаряда.

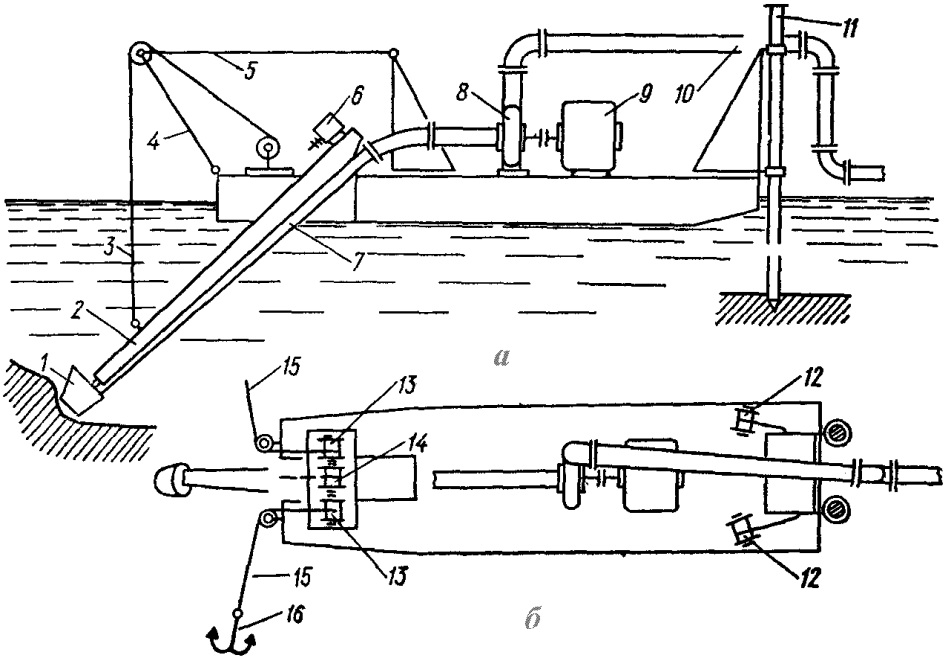

Рис.4.5 Принципиальные схемы плавучего земленосного снаряда: *а* – вид сбоку; *б* – план; *1* – рыхлитель; *2* – рама рыхлителя; *3* – полиспаст подвески рамы рыхлителя; *4* – укосина; *5* – подвеска укосины; *6* – двигатель рыхлителя; *7* – всасывающий патрубок; *8* – грунтовой насос; *9* – двигатель грунтового насоса; *10* – напорный пульповод; *11* – свайный аппарат; *12* – сваеподъемная лебедка; *13* – лебедка поворота земснаряда (папильонажная лебедка); *14* – лебедка подъема рамы рыхлителя; *15* – якорный канат; *16* – якорь

Подъем и опускание свай осуществляется при помощи сваеподъемной лебедки *12*, рамы рыхлителя – лебедкой *14*. Судно удерживается в фиксированном положении при помощи якоря *16* и якорного каната *15*, закрепленного на барабане папильонажной лебедки *13*.

Земснаряды оборудованы устройствами грунтозабора и транспортирования пульпы. В состав грунтозаборных устройств входят рыхлители *1* (гидромониторы или механические рыхлители); рама рыхлителя *2*; полиспаст подвески рамы рыхлителя *3*; укосина *4*; подвеска укосины *5*; двигатель рыхлителя *6*; всасывающий патрубок *7*; грунтовый насос *8* и двигатель грунтового насоса *9*.

В качестве рыхлителей наибольшее распространение получили фрезерные рыхлители вращательного действия и сходные с ними отвальные и плужные фрезы. Из всасывающих аппаратов, кроме грунтовых насосов, применяются водоструйные (эжекторные), а также аг-

регаты, выполненные на основе эрлифтов. Транспортная система представляет собой плавучий (на понтонах), или подвесной (на стреле, управляемой с земснаряда) пульпопровод *10*.

Производительность земснаряда по пульпе определяют по подаче $Q_н$ грунтового насоса, а для ее перевода в производительность по грунту, приведенному в состояние естественного залегания, пользуются формулой:

$$П_0 = Q_н \cdot к; \tag{4.2}$$

где *к* – коэффициент, учитывающий консистенцию «с» пульпы. Последнюю определяют отношением грунта объема грунта, приведенного к естественному состоянию, к объему воды в определенном объеме пульпы $\left(к = \frac{c}{1+c}\right)$. Для более полной эксплуатационной характеристики земснаряда вместе с его производительностью приводят дальность транспортирования пульпы.

ЛЕКЦИЯ 5

5 МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ ДЛЯ РЫХЛЕНИЯ И РАЗРАБОТКИ МЕРЗЛЫХ И ПРОЧНЫХ ГРУНТОВ

В связи со значительной прочностью мерзлых грунтов разрабатывать их обычными землеройными машинами невозможно без предварительной подготовки забоя или замены рабочих органов. Предварительная подготовка забоя заключается в предохранении грунта от промерзания укрытием, оттаивании, нарезании щелей, взрыве и механическом рыхлении, а также физическом или химическом способах разупрочнения грунта. Если грунт надежно предохранен от промерзания, его можно разрабатывать в зимнее время обычными землеройными машинами. Стоимость укрытия теплоизоляционными материалами (шлаком, торфом, соломой, опилками, снегом, пенопластом и т.п.) незначительна, трудоемкость также не велика. Недостаточно широко этот метод применяют из-за сложности соответствующего планирования и организации работ на строительной площадке, а также трудности предохранить слои утеплителя от случайного разрушения.

Оттаивание мерзлых грунтов (паром, огнем, горячей водой, поверхностными и глубинными электродами) целесообразно применять для небольших объемов работ, или при выполнении их в стесненных условиях. Для оттаивания грунта расходуется много энергии и при сравнительно небольшой трудоемкости оно имеет высокую стоимость.

Подготовка мерзлых грунтов к экскавации и их разработка чаще всего осуществляется механическим способом разрушения грунтов с использованием специальных машин, условно подразделяемых на две группы: машины для подготовки (предварительного рыхления, нарезания на блоки) мерзлых грунтов с последующей окончательной разработкой взаимодействующими с ними в комплексе землеройными машинами общего назначения (бульдозерами, скреперами, одноковшовыми экскаваторами); машины самостоятельно выполняющие весь комплекс разработки до заданной отметки и эвакуации мерзлого грунта.

Рыхлители. Рыхлитель – землеройная машина, состоящая из базового трактора *1* (рис. 5.1), заднего навесного оборудования *2* в виде системы тяг и рабочей балки, обеспечивающих ориентированную подвижность и фиксированные положения рабочего органа – зуба *3* или нескольких зубьев в пространстве с использованием гидроцилиндров *4*. Навесное оборудование монтируется на базовом тракторе посредством опорных элементов: рам, балок, кронштейнов, жестко закрепленных на корпусе заднего моста.

Рыхлители предназначены для постоянного рыхления скальных и мерзлых грунтов, а также других прочных материалов в различных климатических условиях. Они используются в дорожном, гидротехническом строительстве, в карьерах по добыче сырья и строительных материалов, для удаления из грунта камней и пней, вскрытия дорожных покрытий.

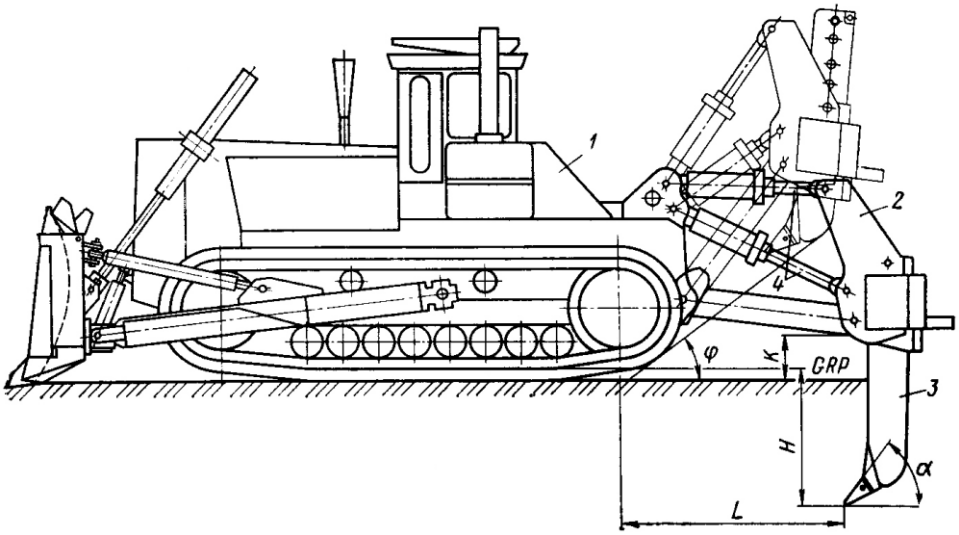

Рис. 5.1 Схема рыхлителя с бульдозерным оборудованием

Конструктивные и классификационные отличия современных рыхлителей обусловлены номинальным тяговым усилием и ходовым устройством базового трактора, назначением рыхлителя, видом его навесного устройства, способом установки, числом зубьев и их креплением.

По номинальному тяговому усилию трактора различают рыхлители легкие, средние, большой мощности и сверхмощные. К легким относятся рыхлители с номинальным тяговым усилием тягача до 135 кН, к средним - 130÷200 кН, большой мощности 200-300 кН и сверхмощным - более 300 кН.

Номинальное тяговое усилие является основным параметром, определяющим максимальное заглубление зубьев в грунт *H* (рис. 5.1.), число зубьев, ширину наконечника, наименьшее расстояние от нижней точки рабочей балки до опорной поверхности «*к*», расстояние от наконечника в крайнем нижнем положении до оси ведущей звездочки трактора *L*.

По типу ходового устройства базового трактора различают гусеничные и колесные рыхлители.

По целевому назначению рыхлители подразделяют на вспомогательные и основные.

Вспомогательные рыхлители монтируют в агрегате с основным оборудованием бульдозера, погрузчика на тягачах с номинальным тяговым усилием до 100 кН, автогрейдерах, скреперах или навешивают на бульдозерные отвалы для сокращения технологического цикла землеройных работ. Эти рыхлители предназначены для рыхления плотных не мерзлых грунтов или слежавшихся материалов.

Основные рыхлители, как правило, монтируют в агрегате с передним бульдозерным оборудованием (рис. 5.1). Они служат для разрыхления мерзлых и скальных грунтов, которые не могут разрабатывать обычные землеройные машины.

По виду подвесок навесного оборудования различают (рис. 8.2): трехзвенную трехточечную, которая позволяет в процессе заглубления изменять угол рыхления; параллелограммную (четырехточечную четырехзвенную), особенностью которой является постоянство угла рыхления в процессе заглубления рыхлителя; четырехточечную (четырехзвенную непараллелограммную), обеспечивающую изменение угла рыхления в процессе разработки грун-

та; многозвенную, отличающуюся от четырехзвенной наличием дополнительного звена, соединяющего балку рабочего органа с верхней тягой подвески.

В зависимости от способа установки оборудования различают рыхлители с креплением к корпусу заднего моста или к раме гусеничной тележки. Наибольшее распространение получило крепление рыхлительного оборудования к корпусу заднего моста базового трактора.

По числу зубьев различают рыхлители одно – и многозубые. Однозубые рыхлители предназначены для разработки особо прочных материалов. Их можно использовать для специальных работ: глубокого рыхления траншей, прокладки кабелей на глубину 2,5 м и т.п. Многозубые рыхлители содержат в комплекте нечетное число зубьев и, в зависимости от номинального тягового усилия трактора, имеют три или пять зубьев. Известны конструкции вспомогательных рыхлителей с девятью зубьями.

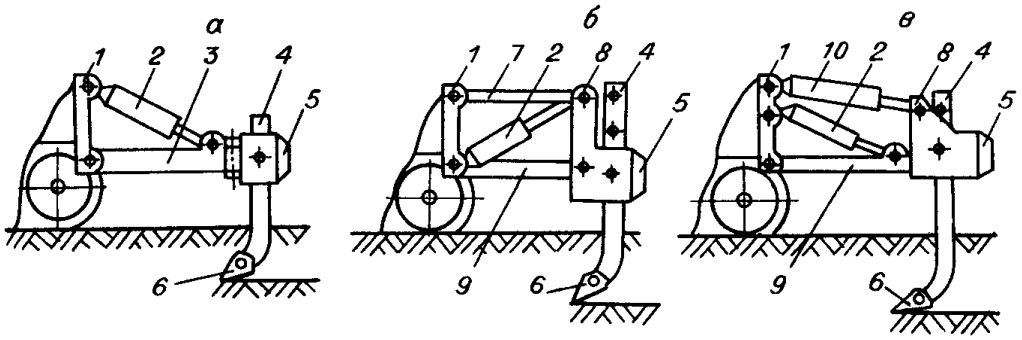

Рис.5.2 Подвески рыхлителей: *а* – трехзвенная; *б* - параллелограммная; *в* – четырехточечная. *1* – рама; *2* – гидроцилиндр заглубления стойки; *3* – рабочая рама; *4* – стойка; *5* – буфер; *6* – наконечник; *7, 9* – соответственно верхняя и нижняя рамы; *8* – балка; *10* – гидроцилиндры изменения угла рыхления

По способу крепления зубьев различают рыхлители с жестким и шарнирным креплением. При жестком креплении исключается возможность поворота зуба в горизонтальной плоскости относительно продольной оси рыхлителя. Шарнирное крепление обеспечивает такую возможность, а также уменьшение воздействия боковых нагрузок на рабочий орган и базовый тягач при работе на слоистых породах и грунтах с высокопрочными включениями в виде валунов и строительного мусора.

Рабочее оборудование с параллелограммной подвеской состоит из опорной рамы *1* (рис. 8.2, *б*), верхней тяги *7*, рабочей балки *8* со стойкой зуба *4*, нижней тяги *9* и гидроцилиндров *2* подъема -опускания.

Опорная рама, сварной конструкции, состоит из опорной плиты с окнами для обслуживания фрикционов трактора и двух стоек с проушинами для присоединения верхней тяги и гидроцилиндров подъема – опускания. В нижней части рамы предусмотрены две пары проушин для присоединения нижней тяги. Опорную раму жестко фиксируют на тракторе посредством шпилек.

Рабочая балка предназначена для установки стойкости зуба и одновременно является звеном параллелограммного механизма навесного оборудования. Она представляет собой сварную балку прямоугольного сечения. Вверху и внизу балки предусмотрены проушины для соединения с тягами навесного оборудования, а в центральной части отверстие со втулкой для крепления пальца стойки зуба.

Верхние и нижние тяги предназначены для присоединения рабочей балки к опорной раме. Тяги имеют сварное коробчатое сечение.

Рабочий орган рыхлителя – зуб, состоит из стойки *1* (рис. 5.3), наконечника (коронки) *2*, протектора *3* деталей крепления *4*. Протектор служит для защиты стойки зуба от износа. Стойки зубьев изготовляются из листового проката или коваными, наконечники литыми из

марганцевой стали или штампованными. Поперечное сечение стойки обычно прямоугольное; в передней части стоек делаются скосы под углом 30-45° для уменьшения сопротивления грунта. Толщина стойки 60-100 мм, угол заострения наконечников зубьев 20-30°, задний угол резания не менее 5-7°. Угол резания обычно равен 30-45°. Длина зубьев должна быть больше максимальной глубины рыхления на 0,1-0,3 м, чтобы рама рыхлителя свободно проходила над поверхностью разрыхленного грунта.

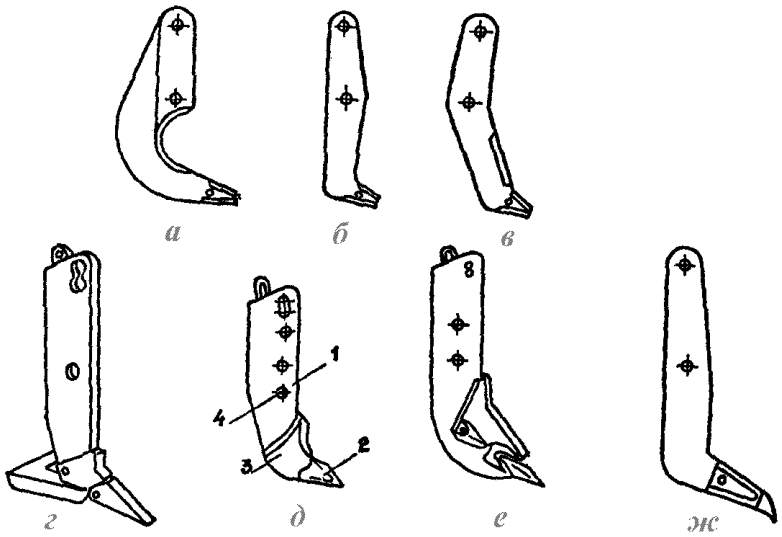

Рис.5.3 Зубья рыхлителей: *а* – изогнутые; *б* – прямые; *в* - полуизогнутые; *г* – с подпятником; *д* – с коронкой; *е* – со вставным наконечником; *ж* – с изогнутым концом

Высота подъема зубьев над уровнем движения базовой машины должна составлять: для легких рыхлителей 0,3-0,5 м, средних 0,6-0,7 м, мощных – более 0,7 м. Необходимый задний угол въезда в транспортном положении при этом должен быть не менее 20-30^0. Число зубьев и их шаг зависят от назначения рыхлителя, глубины рыхления, допускаемого размера кусков и физико–механических свойств грунта.

При пяти зубьях в легком рыхлителе их шаг равен 0,3-0,5 м, при трех 0,8-1,0 м. Шаг зубьев средних рыхлителей равен 0,9-1,3 м, мощных и сверхмощных – 1,4м.

Расстояние от зубьев до гусеницы должно быть больше длины зоны разрушения грунта в направлении движения рыхлителя. Обычно оно равно полутора – двум глубинам рыхлителя.

По форме зубья различают изогнутые, прямые и полуизогнутые (рис. 5.3). Изогнутые зубья (рис. 5.3, *а*) рыхлят грунт на глубину до 0,8 м. Они могут использоваться на скальных грунтах пластного залегания. При заглублении зубьев возникают силы, способствующие отрыву пласта от массива. Прямые зубья (рис. 5.3, *б*) успешно применяются (чаще остальных типов) для рыхления различных грунтов. Полуизогнутые зубья (рис. 5.3, *в*) позволяют уменьшить усилие заглубления при большом угле резания.

Вследствие высокой абразивности мерзлых и прочих грунтов рабочий инструмент рыхлителей интенсивно изнашивается, поэтому зуб, как правило, делают составным (рис. 5.3, *г-ж*). Иногда зубья выполняют без наконечников с пластинами из прочной стали, приваренными по передней грани. Наконечники зубьев стопорят заклепками разового применения, расположенными в сквозном отверстии стойки и стенках наконечника, болтами, штифтами, жесткими клиньями и пальцами, фиксаторами с упругими элементами.

Более универсальны стопоры с резьбой, которые могут быть в виде двух втулок, стянутых болтом, или в виде двух болтов с вкладышами в стойке зуба. Для снижения изнашивания резьбы болты ввертывают с обеих сторон наконечника через отверстия в стенках. Квадрат-

ные вкладыши имеют внутреннего резьбу, защищенную стенками наконечника от контакта с грунтом.

Наконечники рыхлителей изготовляют из конструктивных легированных марганцево-молибденовых и никелевых сталей, имеющих временное сопротивление поле термообработки не менее 1000 МПа, или литыми из стали 110 Г 13 Л.

Для повышения эффективности рыхления применяют усовершенствованные рабочие органы: зубья с уширителями в виде сменных лопастей; с шнеками, расположенными в нижней части стойки зуба; двузубые рыхлители с последовательным расположением зубьев; (рис. 5.4) рыхлители статического действия: вибрационные и виброударные.

Зубья с уширителями увеличивают объем разрыхленного грунта на 10-30%, за счет разрыхления его в боковые стороны прорези, образуемой после прохода наконечника зуба, и скола грунта в направлении открытой поверхности.

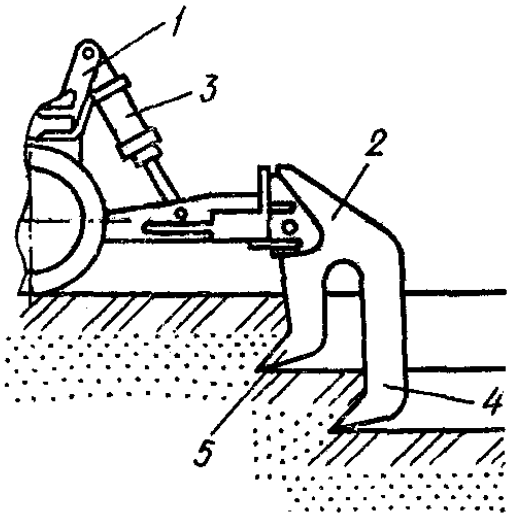

Рис.5.4 Схема двухзубого рыхлителя: *1* – подвеска рыхлителя;
2 – стойка; *3* – гидроцилиндр управления;
4, 5 – зубья соответственно задний и передний

Повышение производительности двухзубого рыхлителя обусловлено увеличением площади поперечного сечения разрушаемого грунта, за счет увеличения глубины рыхления при одинаковой толщине переднего и заднего зубьев и увеличения площади разрушаемого грунта задним зубом при большей его толщине. Увеличение глубины рыхления достигается за счет уменьшения общего сопротивления рыхлению, которое при раздельном резании передним и задним зубом снижается из-за меньших толщин стружек (по сравнению с однозубым рыхлителем).

Установлено, что применение рыхлительного оборудования с двухзубым рабочим органом по сравнению с рыхлителем традиционной конструкции обеспечивает повышение производительности на 14%, увеличение глубины рыхления на 30-50%.

Вибрационные и виброударные рабочие органы создают динамическое воздействие на грунт. Вибрация уменьшает сцепление между частицами грунта, трение рабочего органа о грунт и между кусками разрушенного грунта. В результате сила, необходимая для внедрения рабочего органа в грунт снижается в 2-3 раза.

Эффективность современных рыхлителей в значительной степени определяет конструкция механизма навесного устройства, посредством которого рабочий орган присоединяется к базовому тягачу и фиксируется в заданном положении. Наибольшее распространение получают шарнирно–рычажные механизмы, подвижность которых реализуется гидроци-

линдрами двустороннего действия, проводимыми от гидросистемы трактора. В ряде случаев подвижность механизмов, обусловленная кинематикой оборудования, позволяет выламывать валуны и высокопрочные включения из грунта.

Ограниченно применяют комбинированные конструкции рыхлительного оборудования, которые содержат, наряду с шарнирно – рычажными, соединения другого вида: кулачковые пары для регулирования угла рыхления, зубчатое зацепление для регулирования глубины рыхления, гибкие связи, обусловленные наличием амортизирующих устройств и канатов.

При всем разнообразии конструктивных схем в основном применяют механизмы навесных устройств с нерегулируемым и регулируемым углом рыхления в трех, четырех – и многозвенном исполнении.

Общий расчет рыхлителя состоит из установления конструктивной схемы, размеров и массы рабочего оборудования, определения основной рабочей нагрузки (расчетных сил сопротивления рыхлению), тягового расчета, вычисления необходимой номинальной силы тягача и мощности двигателя, а также усилий заглубления и подъема рабочего органа.

Исходными данными общего расчета являются задание на проектирование, в котором указывается производительность рыхлителя и технологические условия: расчетные характеристики грунта и технологическое назначение рыхлителя, а также дополнительные требования на тип ходового устройства, систему управления и др.

В зависимости от этих условий принимается число зубьев, их ширина расстояние между ними, вычисляется глубина рыхления, соответствующая заданной производительности, назначаются размеры и форма зубьев (их длина, вылет, углы резания и заострения, ширина и очертания).

Основная рабочая нагрузка (касательная составляющая сопротивления грунта рыхлению) $P_к$ при рыхлении мерзлых грунтов может быть определена по формуле, предложенной А.Н. Зелениным:

$$P_к = 10 \cdot C \cdot h \cdot \sqrt{s \cdot \left(1 + \frac{\alpha - 30}{80}\right)} \cdot \mu \cdot \Delta, \text{ Н}; \qquad (5.1)$$

где C – число ударов динамического плотномера;

h – глубина рыхления, см;

s – ширина резания, см;

α- угол резания, град;

μ – коэффициент учитывающий вид резания: при блокирован резании μ=1, при полублокированном – 0,75; при свободном – 0,5;

Δ – коэффициент, учитывающий затупление наконечника зуба, его значение может изменяться 0,85 до 2.

Нормальную составляющую сопротивления грунта рыхлению можно определить по условию:

$$P_н = R_p \cdot tg \cdot (\alpha + \varphi); \qquad (5.2)$$

где α- угол резания,

φ – угол трения грунта о материал наконечника.

Усилие $P_н$ – при установившемся процессе рыхления и остром наконечнике зуба рыхлителя направлено в массив грунта, т.е. рабочий орган как бы затягивается в грунт. При затуплении наконечника зуба во врем заглубления несущая способность грунта может оказаться больше усилия, прикладываемому к зубу. В этом случае $P_н$ будет направлена вверх.

Тяговое усилие базовой машины P_m, определяемое условиями сцепления должно быть больше или равно сумме сопротивлений W, действующих на рыхлитель при разработке грунта:

$$P_m \geq W$$

Расчетную величину $P_{тр}$ определяют в зависимости от соотношения $P_{дв}$ и $P_{сц}$, которые определяют соответственно по формулам:

$$P_{дв} = \frac{3{,}6 \cdot N_{дв} \cdot \eta}{V}; \tag{5.3}$$

$$P_{сц} = G_{сц} \cdot \varphi; \tag{5.4}$$

где $P_{дв}$ – тяговое усилие, развиваемое двигателем тягача, кН;

$N_{дв}$ – мощность двигателя тягача, кВт;

V – скорость передвижения, км/ч;

η – КПД трансмиссии;

$P_{сц}$ – тяговое усилие тягача, которое может быть реализовано по условиям сцепления ходового оборудования с грунтом;

$G_{сц}$ – сцепной вес рыхлителя;

φ – коэффициент сцепления.

Для гусеничного тягача, имеющего только рыхлительное оборудование:

$$G_{сц} = (1{,}18 \div 1{,}23) \cdot G_{\delta}; \tag{5.5}$$

где G_{δ} –сцепной вес базового тягача.

При навешивании на тягач бульдозерного и рыхлительного оборудования:

$$G_{сц} = (13{,}5 \div 1{,}45) \cdot G_{\delta}; \tag{5.6}$$

Если $P_{дв} < P_{сц}$, то за расчетное значение P_m принимается $P_{тр}=P_{дв}$. При $P_{дв} > P_{сц}$, зарасчетное значение $P_{тр}$ принимается $P_{тр}=P_{сц.}$

При определении суммарного сопротивления рыхлителя необходимо учитывать направление нормальной составляющей $P_н$, которая, в случае затягивания зуба, направлена вниз, увеличивает сцепной вес.

Сумма сопротивлений передвижению тягача в процессе рыхления:

$$W = P_к + (G_{\delta} + G_о + G'_о + P_н) \cdot (f \pm i); \tag{5.7}$$

где $G_о$ – вес бульдозерного оборудования; $G'_о$ – вес рыхлителя; f – коэффициент сопротивления передвижению; i – уклон местности.

Максимальное усилие заглубления в грунт рыхлителя определяют из условия вывешивания базового тягача относительно ребра А (рис. 5.5 *а*).

Из условия равновесия $\sum M_a = 0$ можно записать:

$$P'_н = \frac{[G_{\delta} \cdot l_1 + G'_0 \cdot (l + l_2) - G_о \cdot l_4]}{l + l_3}; \tag{5.8}$$

Усилие подъема зуба рыхлителя $P_в$ определяют из условия опрокидывания базового тягача относительно ребра В при максимальной глубине рыхления (рис. 5.5 *б*). Из условия равновесия $\sum M_в = 0$.

$$P_в = \frac{\left[G_0 \cdot (l + l_4) + G_б \cdot l_5 - G'_0 \cdot l_2\right]}{l_3}; \qquad (5.9)$$

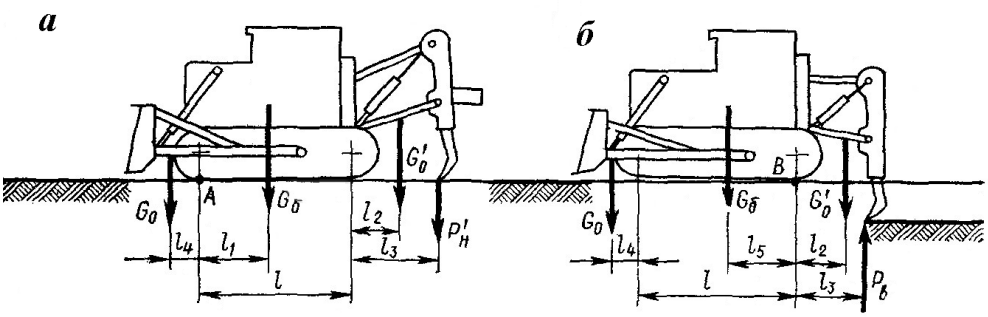

Рис.5.5 Схемы к расчету усилий на зубьях рыхлителя: *а* – при заглублении; *б* – при подъеме

При расчете на прочность рыхлительного оборудования учитывают динамические нагрузки, действующие на рабочий орган при встрече с непреодолимым препятствием. Для предварительных расчетов наибольшее нагрузки на рабочем органе рассчитывают с учетом коэффициента динамичности $к_д$ в виде $P_{т.д.} = P_{т.р.} \cdot к_д$ ($к_д$ = 2÷2,5 при механической трансмиссии). Для тракторов с гидромеханической трансмиссией $к_д$ = 2 в начале заглубления и $к_д$ = 1,5 при наибольшей глубине рыхления с максимальным вылетом зубьев. Тяговое усилие $P_{т.р.}$ принимают по тяговой характеристике тягача при рыхлении на наибольшую глубину со скоростью 1-1,5 км/ч и в начале заглубления со скоростью 2-2,5 км/ч. При работе с толкачом суммарное тяговое усилие:

$$P_с = P_{т.р.} + P_{тол} \cdot к_0; \qquad (5.10)$$

где $P_{тол}$ – тяговое усилие толкача; $к_о$ =0,6÷0,7 – коэффициент использования тягового усилия толкача.

Эксплуатационную производительность рыхлителя, м^3/ч, определяют по формуле:

$$П_э = \frac{B_з \cdot h_р \cdot L_{р.х} \cdot к_в}{\dfrac{L_{р.х}}{1000 \cdot V_{раб}} + \dfrac{t_{пов}}{3600}}; \qquad (5.11)$$

где $V_{раб}$ – скорость рабочего хода, км/ч;

$h_р$ – глубина рыхления;

$L_{р.х.}$ – длина рабочего хода в одну сторону;

$t_{пов}$ – время одного разворота в конце участка с учетом выглубления зубьев; $t_{пов}$ =15÷20 с.

Ширина захвата при рыхлении:

$$B_з = к_{пер} \cdot \left[в_н \cdot h_р + 2h_р \cdot tg\beta_с + S \cdot (Z - 1)\right]; \qquad (5.12)$$

где $к_{пер}$ – коэффициент перекрытия проходов, $к_{пер}$ = 0,75;

$в_н$ – ширина зуба;

Z –количество зубьев;

β_c – угол скола грунта по вертикали, β_c = 15÷45^0 (меньшее значение при рыхлении мерзлых и талых грунтов, большее – при рыхлении талых грунтов);

S – шаг зубьев.

ЛЕКЦИЯ 6

6. МАШИНЫ ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ

6.1 Машины для уплотнения грунта укаткой

Уплотнение грунтов – одна из важнейших операций в технологическом процессе строительства.

Процесс уплотнения грунтов включает в себя два этапа: разрушение существующей структуры грунта и создание новой более устойчивой, по отношению к механическим воздействиям.

Создание новой структуры заключается в относительном смещении частиц грунта, необходимом для наиболее компактной их укладки и вытеснения газообразной и жидкой фаз. Этот процесс сопровождается уменьшением объема и формированием плотной и прочной структуры, способный выдерживать внешние нагрузки.

Степень уплотнения грунтов оценивают коэффициентом уплотнения κ_y, который характеризуется отношением практически полученной в сооружении плотности скелета грунта $\delta_{пр}$ при данной его влажности к стандартной плотности $\delta_{ст}$, полученной в лабораторных условиях на приборе стандартного уплотнения по ГОСТу $\kappa_y = \dfrac{\delta_{пр}}{\delta_{ст}}$.

При строительстве насыпей должна быть обеспечена следующая степень уплотнения: автодорожных – 95-98%, железнодорожных - 95-96%, гидротехнических – 98-100%.

Наибольшая степень уплотнения при наименьших энергозатратах достигается при оптимальной влажности, которая также определяется методом стандартного уплотнения. Значения оптимальной влажности для различных грунтов колеблется в пределах от 8 (пески) до 25% (суглинистые черноземы).

В практике известны три основных метода уплотнения грунтов: статическая укатка, ударное трамбование и вибрирование, а также комбинированный – виброукатка и вибротрамбование.

С учетом этого грунтоуплотняющие машины подразделяются на машины статического, ударного, вибрационного и комбинированного действия. Они, в зависимости от способа их перемещения, бывают прицепные, полуприцепные, самоходные, а также в виде навесного оборудования к базовым машинам.

По виду рабочего органа уплотняющие машины подразделяются на:

– катки статические и вибрационные с гладкой, кулачковой и решетчатой металлической обечайкой и пневмоколесные;

– трамбующие машины на базе гусеничных тракторов, управляемые вручную трамбовки с электрическим или бензиновым двигателем, а также трамбовки на базе гидромолотов к гидравлическим экскаваторам;

– самопередвигающиеся и навесные к базовым шасси виброплиты, а также виброплиты, навешиваемые на стреле экскаватора вместо ковша.

Внутри каждого из этих типов они условно делятся по своей массе на легкие, средние и тяжелые.

Катки статического действия. Катки являются наиболее распространенными, простыми и экономичными грунтоуплотняющими машинами. Их классифицируют по массе,

контактной (линейной) нагрузке (кН/м), числу вальцов и взаимному их расположению, типу привода вальцов и конструкции вальцов.

Катки бывают: легкие, массой 3-5 т с контактной нагрузкой 20-40 кН/м; средние, массой 6-10 т с контактной нагрузкой 40-60 кН/м; тяжелые, массой 10-15 т с контактной нагрузкой 60-80 кН/м и сверхтяжелые, массой 17-25 т с контактной нагрузкой 80-120 кН/м.

По числу вальцов, их взаимному расположению различают одно- двух – и многовальцевые катки. По типу привода ведущие вальцы катка могут иметь механическую, гидромеханическую или гидрообъемную трансмиссию.

Вальцы (рис. 6.1) выполняют в виде гладких цилиндрических барабанов, кулачковыми, решетчатыми, с плитками по поверхности обода, в виде набора на оси колес с пневматическими шинами, дисков и сегментов, а также копмакторными и специальной формы.

Гладкие вальцы (рис. 6.1, *а*) представляют собой барабан цилиндрической формы. Их уплотняющее воздействие обеспечивается собственным весом, который модно увеличить дополнительным балластом (это относится также и к другим вальцам).

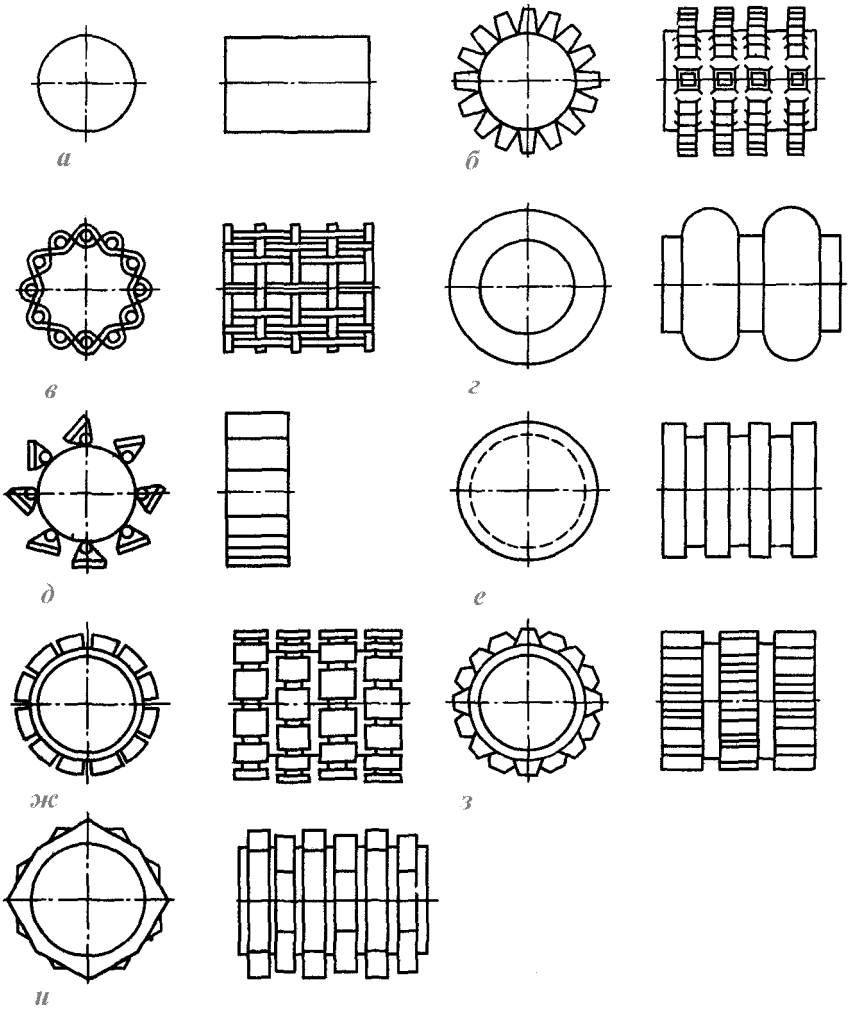

Рис. 6.1 Схемы укатывающих рабочих органов: *а* – гладкобарабанный; *б* – кулачковый; *в* – решетчатый; *г* – пневмоколесный; *д* – с плитками, шарнирно присоединенными к ободу колеса; *е* – дисковый; *ж* – сегментный; *з* – компакторный валец; *и* – валец с набором многоугольных дисков

По числу и расположению вальцов катки могут быть: одновальцовые, с поддерживающими вальцами или колесами; двухвальцевые с одним или двумя ведущими вальцами;

трехвальцевые двухосные; трехвальцевые двухосные с дополнительным вальцом малого диаметра; трехвальцевые трехосные с одним или тремя ведущими вальцами.

Катки бывают самоходными и прицепными. Для получения необходимого уплотнения материала обычно требуется несколько проходов: число их зависит от типа катка, свойства грунта и толщины слоя.

Гладкие катки уплотняют грунт слоями 0,15-0,2 м без разрыхления его поверхности или с незначительным разрыхлением на глубину 1-3 мм (в несвязных грунтах). Их применяют преимущественно для прикатки в один-два прохода поверхностей, уплотненных другими катками.

Диаметр Д вальца гладкого катка определяют из условия обеспечения напряжений на уплотняемый поверхности грунта не выше его предела прочности δ_p, которое записывается в виде:

$$\delta_p = \sqrt{\frac{2 \cdot q \cdot E}{Д}}; \qquad (6.1)$$

где q – вертикальная нагрузка на единицу ширины вальца;

E – модуль деформации грунта в конце его уплотнения, при оптимальной влажности для связных грунтов E = 15÷20 МПа и для несвязных грунтов E = 10÷15 МПа.

Установлено, что лучший эффект уплотнения имеет место, когда максимальные направления на уплотняемой поверхности будут составлять 0,8-0,9 предела прочности δ_p. Глубина активной зоны уплотнения укаткой h_0 примерно равна удвоенному максимальному поперечному размеру поверхности контакта вальца с грунтом. Из этих соображений и с учетом приведенного модуля деформаций:

$$h_0 = (0{,}1 \div 0{,}12) \cdot \frac{W}{W_0} \cdot \sqrt{\frac{q \cdot Д}{2}}; \qquad (6.2)$$

где W, W_0 – фактическая и оптимальная влажность грунта.

Из последней зависимости следует, что большей глубине активной зоны при равных прочих условиях соответствует больший диаметр вальца. Ограничивают этот размер по конструктивным соображениям, $Д$ = (1,6÷1,8) м.

Ширину вальца рекомендуется принимать равной его диаметру или несколько (до 20%) больше этого размера. При малой ширине каток недостаточно устойчив, а при большой ширине ухудшается его маневренность на поворотах.

Скорости передвижения катков не влияют на изменение плотности грунтов. Но при повышенных скоростях из-за больших сдвигающих усилий на контактной поверхности формируется менее прочная структура грунта. Исследованиями установлены рациональные скоростные режимы – перемещение катка на малой скорости (1,5-2,5 км/ч) на первом и двух последних проходах и на повышенных скоростях (8-10 км/ч) на промежуточных проходах, которыми обеспечивается увеличение производительности катков примерно в 2 раза по сравнению с работой в односкоростном режиме.

Кулачковые катки имеют валец *2* с кулачками *1* (рис. 6.2), закрепленный на раме *3*. Внутренняя полость вальца заполняется балластом через люки *6*. Рама катка представляет собой сварную конструкцию, состоящую из двух продольных и двух поперечных балок коробчатого сечения.

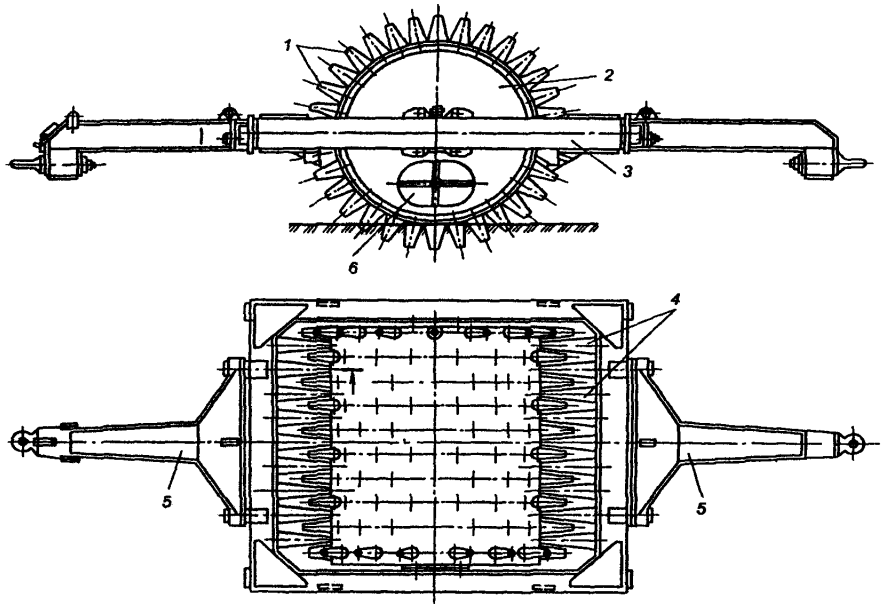

Рис. 6.2 Прицепной кулачковый статический каток

К продольным балкам рамы приварены планки для крепления подшипниковых узлов вальца. С внутренней стороны к поперечным балкам приварены скребки *4*, которые предназначены для очистки вальца от налипающего грунта. В балках рамы вмонтированы чугунные балластные грузы. С наружной стороны к поперечным балкам болтами прикреплены дышла *5*, на которых установлены петли, которые могут поворачиваться вокруг своей оси. При помощи дышла с петлей каток сцепляется с трактором.

При работе кулачковых катков грунт уплотняется внедряемыми в него кулачками, а на первых проходах также поверхностью вальца. По мере уплотнения грунта кулачками на глубине при каждом новом проходе их погружение в грунт уменьшается, вследствие чего валец теряет контакт с уплотняемой поверхностью. Поэтому эффективность уплотнения грунта кулачковыми катками обуславливается возможностью погружения кулачков в грунт на первых проходах с уменьшением этого погружения на последующих. Для этого на контактных площадках кулачков с грунтом должно быть достаточное давление для их погружения.

Кулачки бывают реверсивные (симметричные) и нереверсивные (асимметричные). Реверсивные кулачки работают одинаково при перекатывании вальцов в обе стороны. Нереверсивные кулачки создают неравномерное давление на грунт и действуют они при движении катка только в рабочем направлении.

Минимальный поперечный размер «*b*» на опорной поверхности кулачка назначают не менее ¼ толщины уплотняемого слоя, а длину кулачка $l = 1{,}4H_o + h_p - 2{,}5\,b$ (H_o – оптимальная толщина уплотняемого слоя, H_o = 0,12÷0,13 м; h_p – допускаемая толщина слоя поверхностного разрушения, h_p = 0,04÷0,15 м). На каждом 1м^2 поверхности вальца легких и средних катков устанавливают 20-25 кулачков. Диаметр вальца назначают в зависимости от длины кулачков $Д = (5{,}5 \div 7) \cdot l$, а при назначении ширины вальца пользуются прежними рекомендациями для катков с гладкими вальцами.

Для обеспечения требуемого контактного давления *p* (от 0,7-2 МПа для легких, до 4-6 МПа и более для тяжелых катков) масса вальца не должна быть меньше $m = \dfrac{p \cdot F \cdot z'}{g}$ (F – площадь опорной поверхности кулачка; z' – число кулачков в одном ряду по образующей вальца; g – ускорение свободного падения).

Требуемое число проходов при $к_у$ = 0,95:

$$n = \frac{S \cdot k}{F \cdot z}; \qquad (6.3)$$

где S – площадь поверхности вальца; k – коэффициент неравномерности перекрытия поверхности кулачками, в среднем k = 1,3; z – общее число кулачков на вальце.

При κ_y = 0,98÷1 требуемое число проходов увеличивают в 2-3 раза.

Катки с решетчатыми вальцами имеют опорную поверхность в виде решетки. Последняя состоит из переплетенных прутьев профильной стали или же из отдельных сегментов листовой стали. Решетка имеет квадратные отверстия со сторонами квадрата 15 или 20 см. Масса катка с балластом составляет 15-30 т. Каток может уплотнять грунт слоями толщиной до 40 см. Решетчатые катки применяют при уплотнении разнообразных грунтов (песков, супеси, суглинков, глины). Широко применяют эти катки при уплотнении грунтов в зимних условиях с включениями мерзлых комьев размером до 60 см. Производительность решетчатого катка на 20-30% выше, чем у катков на пневматических шинах такой же массы.

Катки на пневматических шинах оснащают пневматическими колесами с гладкой или профильной рабочей поверхностью. Для изменения контактного давления пневматических шин на грунт изменяют размер контактной поверхности шины путем варьирования давления воздуха в шине. Катки на пневматических шинах эффективно уплотняют несвязные, слабосвязные, а также связные грунты с оптимальным содержанием воды. Их масса достигает 100, 120, а в отдельных случаях и 200 т (для уплотнения грунтов при строительстве аэродромов). Наибольшее распространение получили катки массой 20-25 и 40-50 т. Толщина уплотнения слоев для таких катков составляет 0,35-0,45 м. Требуемая степень уплотнения достигается за 6-10 проходов при рабочих скоростях передвижения 11-15 км/ч.

Наибольшее распространение получили катки с независимой подвеской отдельных колес, что обеспечивает равномерное уплотнение грунта, а при неровной поверхности предохраняет шины от перегрузки.

Катки на пневматических шинах бывают прицепными, полуприцепными и самоходными. Полуприцепной пневмоколесный каток показан на рис. 6.3.

При расчете глубины активной зоны уплотнения h_0 исходят из предложения, что пятно контакта есть эллипс с отношением полуосей $\frac{a}{b}$ = 1,3, а контактные давления распределяются по этой площади по закону эллипсоида с максимальным значением δ_{max} в ее центре, тогда:

$$h_0 = 2{,}4 \cdot \frac{W}{W_0} \cdot \left(1 - e^{\frac{2{,}5 \cdot \delta_{\max}}{\delta_p}}\right) \cdot \sqrt{\frac{P}{\delta_{\max}}}; \qquad (6.4)$$

где P – нагрузка на колесо.

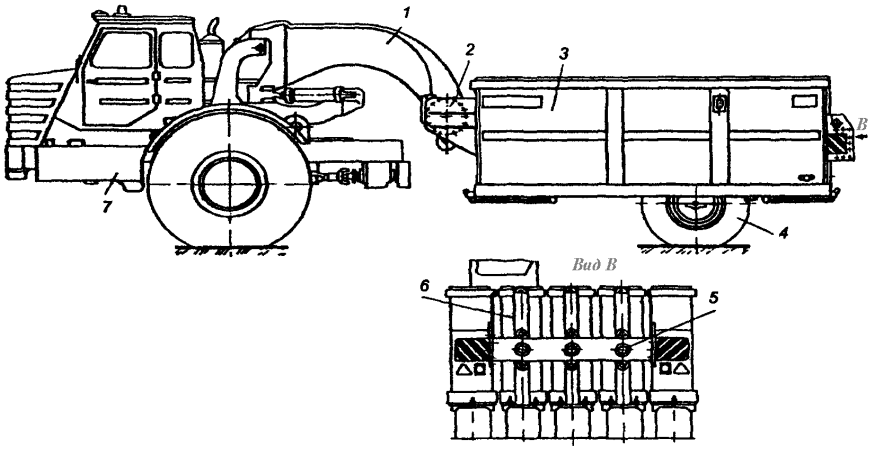

Рис. 6.3 Полуприцепной пневмоколесный каток: *1* – дышло; *2* – рама;
3 – бункер для загрузки балласта; *4* – пневмоколесо;
5 - механизм стопорения секций; *6* – секции катка; *7* - тягач

В зависимости от прочности грунта и типа пневмоколес давление в шинах может изменяться от 0,6 до 1,4 МПа.

Тяговое усилие для передвижения катка:

$$T = M \cdot g \cdot (f \pm i); \tag{6.5}$$

где M – масса катка с балластом;

f – сопротивление перекатыванию, для катков с жесткими вальцами $f = 0,15 \div 0,25$ на первых проходах, $f = 0,1 \div 0,15$ – на последующих проходах; для пневмокатков соответственно $f = 0,2$ и $f = 0,09 \div 0,1$; i – продольный уклон уплотняемой поверхности.

Тяговый класс тягача для прицепных катков назначают на 10-20% выше тягового усилия полученного по формуле (13.5).

Требуемая мощность двигателя самоходных катков:

$$N_{дв} = \frac{(1,1 \div 1,2) \cdot T_{max} \cdot V_{min}}{\eta}; \tag{6.6}$$

где V_{min} – минимальная скорость передвижения катка при максимальном значении T; η- КПД привода катка.

При расчете технической производительности (м^3/ч) учитывают перекрытие катком следа предыдущего прохода ($b_п \approx 0,2$ м):

$$П_т = \frac{L \cdot H_0 \cdot (B - b_п)}{\left(\frac{L}{V_{ср}} + \frac{t_п}{3600}\right) \cdot n}; \tag{6.7}$$

где L- длина укатываемого участка, м;

В – ширина вальца;

$V_{ср}$ –средняя рабочая скорость передвижения, м/ч;

$t_п$– продолжительность одного разворота, с.

Катки с плитами (рис. 6.1, *д*) оборудованы вальцами, представляющими собой цилиндрический барабан, на поверхности которого расположены плитки по всей его ширине. Эти вальцы через плитки оказывают статическое воздействие на грунт с усилием, направ-

ленным вертикально к поверхности, поэтому горизонтальных смещений грунта не происходит. Катки с плитками, шарнирно присоединенными к ободу колеса, предназначены для уплотнения слабосвязных и сыпучих грунтов.

Катки с дисковыми вальцами (рис. 6.1, *е*) оборудованы вальцами, состоящими из дисков различного диаметра, установленных на одной оси. К началу уплотнения валец погружается в грунт так, что все диски находятся в контакте с грунтом. С увеличением степени уплотнения валец поднимается вверх и с грунтом контактируют только диски с большим диаметром. Это увеличивает контактное давление. Дисковые вальцы применяют для уплотнения несвязных и слабосвязных грунтов.

Катки с сегментными вальцами (рис. 6.1, *ж*) оборудованы гладкими барабанами, на ободе которых имеются сегменты. Укатывающий валец погружается в грунт по обод барабана. Затем он поднимается наверх, к поверхности прилегают только плиты, и контактное давление увеличивается.

Сегментные вальцы применяют для уплотнения таких же грунтов, что и дисковые вальцы.

Катки компакторного типа (рис. 6.1, *з*), представляющие собой цилиндрический барабан, на поверхности которого в несколько рядов приварены кулачки симметричной формы. По сравнению с кулачковыми вальцами, на которые похожи компакторные по своей конструкции, последние имеют меньшую ширину и меньшее число рядов с кулачками. Уплотнение происходит под действием силы тяжести катка и сминающего воздействия кулачков. Благодаря высокой рабочей скорости катка, последние врезаются в грунт с большой скоростью, создавая динамическое воздействие на грунт (ударные нагрузки). Компакторные катки применяют при уплотнении больших площадей грунта, а также для уплотнения мусорных свалок.

Катки из многоугольных дисков (рис. 6.1, *и*) набирают из элементов, расположенных на одной оси один за другим или смещенных один относительно другого. Диски передают грунту сжимающие и сминающие усилия. Возникают дополнительные ударные нагрузки на грунт, являющиеся результатом высоких рабочих скоростей (до 40 км/ч). Края многоугольных дисков быстро изнашиваются, но их легко заменять. Специальные вальцы применяют аналогично компакторным вальцам.

Укатывающие элементы катков, за исключением комбинированных, имеют одну и ту же форму и часто одинаковые размеры, как, например, тандемные, трехосные и четырехвальцовые катки.

Комбинированные катки имеют уплотняющие органы различной формы. В результате комбинации уплотняющих элементов (пневмошин с гладкобарабанными вальцами, кулачковыми или решетчатыми, укатывающими элементами, как со статическим, так и вибрирующим воздействием последних) во время укатывания одновременно проявляются различные эффекты и достигается высокая степень уплотнения.

6.2 Машины для уплотнения грунта трамбованием

Машины динамического действия. Уплотнение грунта методами динамического воздействия осуществляется ударами падающей массы (трамбовочные машины), вибрированием (виброплиты), вибротрамбованием (вибротрамбовочные машины) и виброукаткой (виброкатки). Требованием уплотняют как связные, так и несвязные грунты, слоями большой толщины (1-1,5 м) ударом падающего груза по его поверхности. Трамбующий орган представляет собой плиту квадратной, прямоугольной или круглой формы.

По конструкции рабочего органа различают четыре основные группы трамбующих машин: трамбующие машины со свободным падением уплотняющего груза–плиты с некоторой высоты, взрывные трамбовки, автотрамбовки и пневматические трамбовки.

Рабочие органы трамбующих машин навешивают на экскаваторы или специально приспособленные для этого машины. В первом случае в качестве базовой машины используют одноковшовый экскаватор со стрелой драглайна, к подъемному канату которого подвешивают плиту массой 0,8-1,5 т с площадью опорной поверхности около 1 м^2. Плиту поднимают на высоту 1,2-2 м, с которой ее сбрасывают отключением от трансмиссии барабана подъемной лебедки. Тремя – шестью ударами плиты о грунт достигают его уплотнения на глубину 0,8-1,5 м. Продолжительность рабочего цикла с учетом поворотных движений экскаватора в плане составляет в среднем 12-20 с, что определяет невысокую производительность этого способа. По этой причине, а также из-за повышенного износа подъемного и передающих механизмов, указанный способ имеет ограниченное применение – в местах, труднодоступных для других грунтоуплотняющих машин.

На объектах с широким фронтом работ используют самоходные трамбующие машины на базе гусеничного трактора класса 10-15 (рис. 6.4). Оборудование для трамбования включает переднюю подвеску *2* с редуктором *3* и блоками полиспастного механизма привода плит *4* и заднюю подвеску *5* с блоками, направляющими штангами *6* и подвешенных на канатах двумя трамбующими плитами *9*, массой 1,3 т каждая.

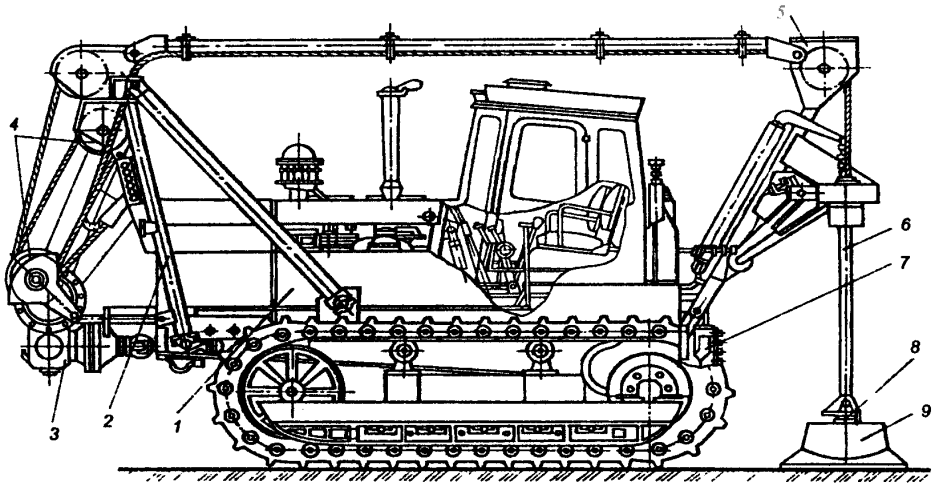

Рис. 6.4 Трамбующая машина со свободно падающими плитами

Редуктор привода плит *3* имеет выходной вал, по концам которого смонтированы кривошипы с блоками полиспастного механизма, установленные на эксцентриках. Привод редуктора осуществляется через фрикционную муфту от переднего конца коленчатого вала двигателя трактора. Конструкция кривошипно–полиспастного механизма плит обеспечивает поочередный подъем и сброс обеих плит, выбор слабины каната перед подъемом, а также свободное падение плит с учетом осадки грунта. Направляющие трамбующих плит заделаны в траверсе задней подвески при помощи резиновых амортизаторов и имеют управляемые из кабины трактора *1* с ходоуменьшителем *7* удлинители *8*.

Процесс уплотнения грунта происходит при непрерывном движение трактора и поочередно поднимающихся и падающих плитах на уплотняемую поверхность. В зависимости от содержания в грунте глинистых частиц уплотнение на глубину до 1,2 м достигается за три – шесть ударов плиты по одному месту. Соответствующая этим требованиям скорость передвижения трактора составляет 160-320 м/ч.

Глубина активной зоны уплотнения грунта трамбовочной машиной при $к_у=0,95$:

$$h_0 = 1,2 \cdot B_{\min} \cdot \frac{W}{W_0} \cdot \left(1 - e^{\frac{-3,7 \cdot i}{ip}}\right); \qquad (6.8)$$

где B_{min} – минимальный размер трамбовки в плане;

i и i_p – соответственно удельный и предельный для данного грунта импульсы, для малосвязных и супесчаных грунтов i_p = 30 кПа·с; удельный импульс определяется количеством движения, приходящимся на единицу контактной поверхности F, $i = \frac{m \cdot V}{F}$; (m – масса трамбующей плиты; $V=\sqrt{2gH}$ – скорость движения плиты в момент удара с высоты H);

e – основание натурального логарифма.

Требуемое число ударов трамбовки при толщине уплотнения h:

$$n = \frac{k \cdot h \cdot i_p}{h_0 \cdot i}; \tag{6.9}$$

где $к$ – коэффициент, зависящий от оптимальной плотности и вида грунта, для связных грунтов при $к_у$ = 0,95; 0,98 и 1 $к$ = 4; 7 и 14, для несвязных грунтов соответственно $к$ = 2; 4 и 10; h_0 – оптимальная толщина слоя.

Для трамбовки с канатно–механическим приводом частота ударов составляет 10 уд/мин, а у пневматических трамбовок – до 1000 уд/мин. Механизмы с частотой ударов свыше 1000 уд/мин называют вибрационными или виброударными.

Техническая производительность (м^3/ч) трамбовочной машины:

$$П_т = \frac{60 \cdot n_у \cdot z \cdot (a - b_п)^2 \cdot h}{n}; \tag{6.10}$$

где $n_у$ – частота ударов одной трамбующей плиты, мин $^{-1}$;

z – число трамбующих плит;

a – размер опорной поверхности (сторона квадрата или диаметр);

$b_п$ – ширина перекрытия смежных контактных площадок, $b_п = 0{,}1 \div 0{,}15$ м.

Мощность привода (кВт) трамбовочной машины реализуется на ее передвижение и подъем трамбующих плит на высоту падения Н. Ее среднее значение определяют по формуле:

$$N = \frac{\left[\frac{T \cdot (a - b_п)}{\eta_х} + \frac{m \cdot g \cdot H}{\eta_т}\right] \cdot n_у}{60}; \tag{6.11}$$

где T – тяговое усилие; m - масса одной трамбующей плиты;

$\eta_х$, $\eta_т$ –КПД соответственно трансмиссии ходового устройства и привода подъемной лебедки.

Тяговое усилие определяется по формуле (6.5), в которой под M следует понимать массу трамбующей машины, а удельное сопротивление перекатыванию для гусеничного ходового устройства f = 0,07÷0,1.

Управляемые вручную трамбовки и трамбовки на базе гидромолотов к экскаваторам применяют при уплотнении грунтов в стесненных условиях (при обратной засыпке траншей, котлованов, пазух фундаментов, вблизи колон, опор и др.).

В управляемых вручную трамбовках удар производится трамбующим башмаком, приводимым от электрического или бензинового двигателя посредством кривошипно-шатунного механизма. Взрывные трамбовки уплотняют грунт падающим грузом, получающим энергию

в результате сгорания продуктов горения. Пневматические трамбовки осуществляют уплотнение за счет энергии падающего груза и сжатого воздуха. В трамбовках на базе гидромолотов, навешиваемых на стреле экскаваторов, ударное воздействие осуществляется через трамбующую пяту, вмонтированную в гидромолот.

6.3 Вибрационные машины для уплотнения грунтов

Вибрационные машины применяют для уплотнения несвязных грунтов и гравийно–щебеночных материалов. Грунт уплотняется рабочим органом, которому сообщаются колебания, генерируемые центробежным вибратором. К этим машинам относят прицепные и самоходные вибрационные плиты и виброкатки.

По своей конструкции вибрационные машины могут быть одно – и двухмассными. В колебательном процессе первых участвует вся масса машины, в колебательном процессе вторых – только нижняя часть, соприкасающаяся с грунтом, а верхняя, связанная с нижней амортизаторами, увеличивает лишь статическое давление на грунт, но не участвует в вибрировании.

В вибрационных машинах могут применяться вибраторы ненаправленного и направленного действия. Вибраторы направленного действия могут быть маятниковыми и позволяют менять направление возмущающей силы, отклоняя ее от вертикали. Возникающая в этом случае горизонтальная составляющая используется для перемещения машины по уплотняемой поверхности.

Колебательное движение характеризуется частотой, амплитудой, скоростью и ускорением. Наибольшее значение для эффекта уплотнения имеют ускорение и частота. Частота колебаний вибрационных машин зависит от вида и состояния грунта и находится в пределах 20-70 Гц.

Амплитуда и характер колебаний вибрационных машин зависят от отношения возмущающей силы *P* к силе тяжести вибратора *Q*. Под возмущающей силой понимается сила, которая стремится оторвать вибратор от поверхности грунта и развивается вибрационным механизмом.

При определенном отношении $K_o = \frac{P}{Q}$, которое называется критическим, колебания меняют свой характер. При $K > K_0$ вибрационная плита отрывается от поверхности грунта и начинает подпрыгивать, ударяясь о грунт. В результате этого грунт уплотняется не только за счет инерционных сил, но и за счет напряжений, возникающих при ударе плиты о грунт.

Машины, работающие в режиме $K < K_0$ называются вибрационными, а в режиме $K > K_0$ – вибротрамбующими.

Схема устройства **вибротрамбующей машины** показана на рис. 6.5. Ее рабочим органом является плита *1*, на которой установлены обычно два вибратора *4* направленного действия и двигатель *3*, приводящий их в движение. Двигатель монтируется на специальной раме *2*, связанной с плитой амортизаторами *5*, каждый вибратор может быть наклонен относительно вертикали как в одну, так и другую сторону. При одинаковом наклоне работающих вибраторов плита перемещается прямолинейно со скоростью, пропорциональной углу наклона. При разных наклонах движение плиты криволинейное. Вибротрамбующей машиной обычно управляет с помощью рукояти *6* моторист, который двигается за машиной.

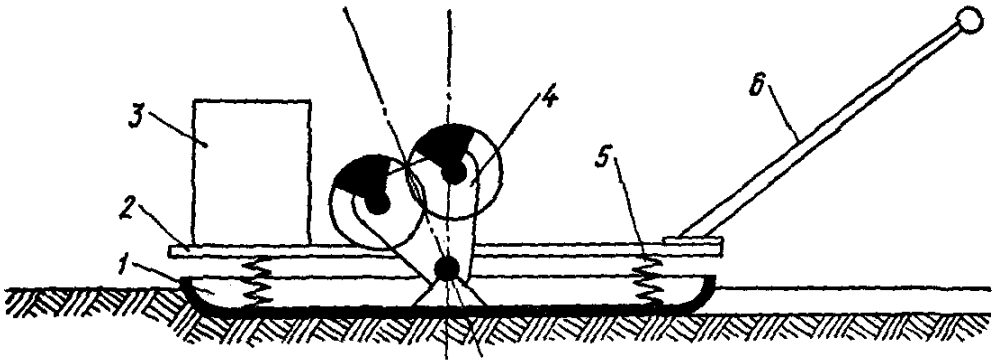

Рис. 6.5. Схема устройства вибротрамбующей машины

Вибротрамбующие машины доставляют к месту работы на транспортных средствах общего назначения.

Техническая производительность (м^3/ч) виброплит:

$$П_т = \frac{(B - b_п) \cdot V \cdot h \cdot к_в}{n}; \qquad (6.12)$$

где $b_п$ – ширина перекрытия полосы уплотнения, в среднем $b_п$ = 0,2 м;

V – скорость передвижения виброплиты, м/ч;

$к_в$ – коэффициент использования виброплиты во времени с учетом поворотов, $к_в$ = 0,7÷0,8;

n – число проходов (обычно n = 2).

6.4 Машины комбинированного действия

Ударно–вибрационный способ уплотнения грунтов реализуется в самоходной машине на базе гусеничного трактора с навесным трамбовочным оборудованием (рис. 6.6). Рабочее оборудование состоит из двух виброударных рабочих органов, смонтированных на раме *11*, способной перемещается в поперечном направлении на 0, 5-0,7 м от следа базового трактора для уплотнения грунтов вне полосы его движения, например, в бровочной части дорожной насыпи.

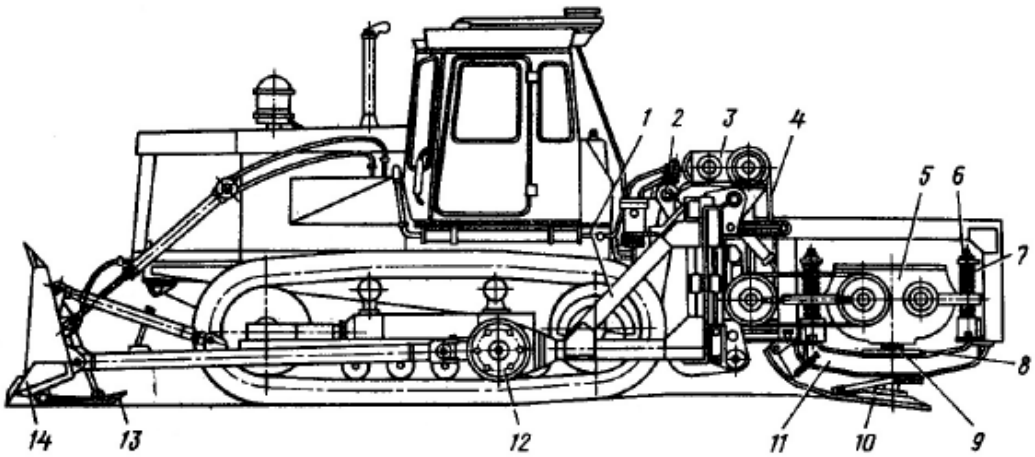

Рис.6.6 Ударно-вибрационная машина

Генератором вертикальных перемещений трамбующей плиты *10* на каждом рабочем органе служит вибромолот *5*, приводимый гидромотором-редуктором *3* через двухступенчатую клиноременную передачу *4*. Вибромолот устроен подобно вибратору направленного действия и отличается от последнего тем, что его корпус может перемещается по вертикальным направляющим *6*, на которых его среднее (нерабочее) положение фиксировано пружинами *7*. В процессе этих перемещений, вызванных вынуждающей силой дебалансов, вибромолот ударяет бойком *9* в нижней части своего корпуса по наковальне *8*, жестко соединенной с трамбующей плитой *10*. Таким образом, трамбующая плита воспринимает ударные нагрузки через наковальню, а вибрационные - через пружины *7* и направляющие *6*, сочетая в воздействии на грунт эффект трамбования и виброуплотнения.

Рабочее оборудование устанавливают на раме *1*, которую через амортизаторы *12* шарнирно крепят на лонжеронах гусеничных тележек базового трактора. Посредством гидроцилиндра *2* рабочее оборудование может быть установлено в рабочее положение или поднято для транспортного передвижения машины. Ударно - вибрационную машину комплектуют бульдозерным отвалом *14* с планирующей плитой *13* для разравнивания грунта в полосе перемещаемого следом рабочего органа.

Вибрационные катки весьма эффективны при уплотнении несвязных грунтов. Больший, чем при статической укатке эффект уплотнения по глубине проработки грунта от применения виброкатков достигается тем, что за счет передаваемой от вибровальца массиву грунта вибрации приводятся в колебательное движение его частицы, нарушаются связи между ними, что способствует их взаимному перемещению и, в конечном счете, повышается эффективность уплотнения. По сравнению со статической укаткой, виброукатка при одинаковой массе катка обеспечивает в 2-3 раза большую глубину проработки несвязного грунта за меньшее (в 3-4 раза) число проходов. При том же уплотняющем эффекте они имеют значительную меньшую массу и габариты, чем обычные катки.

Вибрационными выпускаются катки с гладкими, кулачковыми и решетными вальцами, прицепные и самоходные. Виброэлементы катков обычно встроены внутри вальцов.

Максимальное контактное давление вибровальца на грунт:

$$\delta_{max} = \sqrt{\frac{q \cdot E}{2D}}; \qquad (6.13)$$

Нагрузку на единицу длины вальца q определяют с учетом возмущающей силы:

$$q = \frac{\left(M \cdot g + 2P_0\right) \cdot K_д}{B}; \qquad (6.14)$$

где $2P_o$ – амплитуда возмущающей силы; $K_д$ –динамический коэффициент, зависящий от отношения $\frac{2P_0}{M_g}$, $K_д = 4{,}25 \div 4{,}75$ при $\frac{2P}{M_g} = 5 \div 3$; M – масса катка.

В зависимости от вида уплотняемого грунта принимают: для супесчаных грунтов $q = 15 \div 30$ кН/м, для суглинистых грунтов $q = 50 \div 60$ кН/м.

Скорость (км/ч) виброкатка, обеспечивающую требуемую глубину проработки грунта, определяют по эмпирической формуле:

$$V = 0{,}2 \cdot \sqrt{w}; \qquad (6.15)$$

где w – частота колебаний вибратора.

Изменяющиеся строительные условия требуют применения катков с различными удельными давлениями и воздействиями на грунт. В последнее время наметилась тенденция

создания грунтоуплотняющих машин на основе унифицированных моделей. На этой основе разработан «Типаж катков для строительных и дорожных работ», включающий катки с различными вальцами статического и динамического действия, а также пневмокатки. Унифицированными модулями для всего типоразмерного ряда являются: силовая установка с дизелем и насосной станцией, кабина с системой управления и две шарнирно – сочлененные полурамы.

Применение модульного принципа проектирования позволяет обеспечить выпуск 14 типоразмеров катков.

Типаж предполагает выпуск самоходных катков на основе пяти базовых моделей массой от 8 до 25 т. Освоение базовой модели массой 8-10 т позволяет получить: каток комбинированного действия путем замены одного вибровальца на ряд пневмоколес, каток статический пневмоколесный путем замены на базовой модели обоих вальцов на пневмоколеса; каток статический трехвальцовый трехосный путем введения дополнительного вальца; каток статический трехвальцевый двухосный путем использования унифицированных модулей катка.

Освоенная базовая модель комбинированного катка массой 16 т путем замены вибровальца на ряд пригруженных колес позволяет создать унифицированный с ним пневмоколесный каток массой 20 т, а виброкатка массой 15 т заменой вибровальца на кулачковый или решетчатый - кулачковый или решетчатый виброкатки.

ЛЕКЦИЯ 7

7 МАШИНЫ ДЛЯ СВАЙНЫХ РАБОТ

В практике современного строительства широкое распространение получили свайные фундаменты, позволяющие значительно (в 2–3 раза) уменьшить объем земляных работ, сократить (в 1,5–2 раза) расход бетона, снизить трудоемкость работ нулевого цикла. При устройстве свайных фундаментов сокращаются сроки строительства, работы проводятся круглогодично. Свайные фундаменты менее чувствительны к изменениям состояния грунта основания, вызванном, например, колебаниями уровня грунтовых вод. В непосредственной близости от свайных фундаментов можно устраивать глубокие выемки, не опасаясь разрушения объекта.

Сваепогружающее оборудование. Свайные погружатели предназначены для погружения в грунт свай, шпунта, труб и других несущих элементов строительных конструкций. Отдельные виды агрегатов используются также для извлечения ранее погруженных элементов (свае- шпунтовыдергиватели).

По методу погружения различают оборудование: ударное, вибрационное, вращательное, смешанное.

По виду потребляемой энергии и конструкции сваепогружающее оборудование подразделяется: молоты механические, паровоздушные, дизельные, гидравлические, вибрационные и вибропогружатели.

По погружающей способности (масса ударной части, вынуждающая сила, мощность электродвигателя и т. п.).

Метод погружения свай выбирается в зависимости от плотности грунта и параметров погружаемых элементов.

Методы погружения можно разделить на:

1. Ударный (используются молоты для забивки свай в любые грунты);

2. Вибрационный (применяется при погружении свай в песчаных и водонасыщенных грунтах);

3. Завинчивание (осуществляется в грунты не содержащие твердых включений);

4. Вдавливание и вибровдавливание (погружение коротких (до 6 м) свай в рыхлых и плотных грунтах).

В жилищном строительстве наиболее распространенным методом является способ забивки свай сваебойными молотами.

(Информация по конструкции свайных молотов и их технических характеристиках).

Паровоздушные молоты двойного действия устанавливают на копре самоходного крана. Их можно использовать для забивки как вертикальных, так и наклонных свай.

Частота ударов по свае 100–300 в мин. Масса ударной части до 2550 кг.

Достоинства: относительно небольшие габариты; высокая производительность; автоматическое регулирование частоты и энергии ударов, надежное предохранение деталей молота от пыли.

Недостатки: значительная масса неподвижных частей; возможность погружения только легких шпунтов, деревянных свай, небольших железобетонных свай; большой расход энергонасителя.

Дизельными молотами называются СП, использующие в процессе работы энергию сгорающих газов. Они относятся к группе свободнопоршневых двигателей, у которых отсутствует КШМ и энергия расширяющихся газов передается непосредственно рабочему органу – ударной части молота.

Штанговые дизельные молоты могут быть легкого типа с массой ударной части до 250 кг и механическием (пружинным) буфером и подвижными штангами и тяжелыми с неподвижными штангами и массой ударной части 1800–2500 кг.

Трубчатые дизельные молоты представляют собой прямодействующие двухтактные ДВС, у которых ударная часть – поршень – двигается внутри цилиндра, неподвижно установленного на свае. Конструкция трубчатых молотов более совершенна: они обладают большей энергией удара, высокой долговечностью. Трубчатые молоты выпускаются в двух вариантах – с воздушным и водяным охлаждением.

Вибропогружатели представляют собой механизмы, передающие погружаемых (или извлекаемым) элементам колебания определенной частоты, амплитуды и направления, в результате которых обеспечивается их погружение. Работа вибропогружателей основана на резком снижении коэффициента трения между грунтом и поверхностью погружаемого элемента под действием возникающих колебаний.

Главным параметром вибропогружателей является мощность установленных электродвигателей. Кроме того, погружатели характеризуются вынуждающей силой, статическим моментом дебалансов, амплитудой и частотой колебаний.

По назначению различают ВП: низкочастотные (300–500 кол/мин – погружение элементов значительной массы и габаритов); высокочастотные (700–1500 кол/мин – погружение элементов небольшой массы с малым лобовым сопротивлением).

По типу привода: трансмиссионные и бестрансмиссионные.

По виду передаваемых колебаний – с колебаниями направленными вдоль вертикальной оси и ВП комбинированного действия.

Выпускают ВП с возмущающей силой от 19,1 до 184 т с частотой вращения эксцентриков от 420 до 1500 в мин$^{-1}$, масса вибропогружателей от 2,5 до 11 т.

Вибромолот – это вибрационная машина, передающая погружаемому элементу колебательные и ударные импульсы. Вибромолоты применяют для погружения металлических свай, труб и шпунта в рыхлые и водонасыщенные средней плотности пески, а также в связные грунты текучей и текучепластичной консистенции.

По виду применяемого привода – электрические, гидравлические, пневматические и с ДВС.

По связи двигателя с вибровозбудителем – трансмиссионные и бестрансмиссионные.

По наличию упругой связи между вибровозбудителем и погружаемым элементом – пружинные и беспружинные.

Вибромолот отличается от вибропогружателя тем, что его корпус не имеет жесткой связи со сваей и тем, что при колебаниях корпуса возникают удары, воспринимаемые сваей.

Вибропогружатель жестко связывается со сваей, вследствие чего вызываемые им направленные колебания передаются свае. Низкочастотный вибропогружатель ВП-1 (рис. 7.1) состоит из стального корпуса *3*, четырех валов *4* с дебалансами *5*, электродвигателя *1*,установленного на крышке корпуса, зубчатой передачи *2* от электродвигателя к валам эксцентриков и оголовника *6* для соединения с оголовником сваи.

На рис. 7.1, *б* показана схема расположения дебалансов вибропогружателя через каждые 90° их поворота. Из схемы видно, что при вращении дебалансов в разные стороны горизонтальные составляющие центробежной силы взаимно уравновешиваются, а вертикальные составляющие складываются, создавая направления в вертикальной плоскости колебания системы.

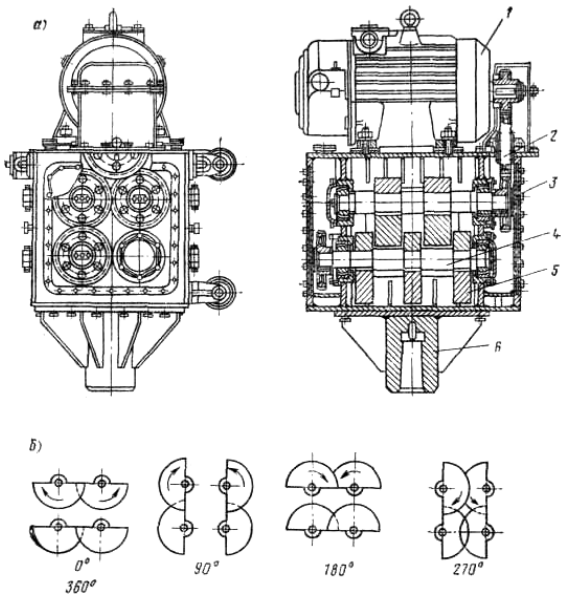

Рис. 7.1. Вибропогружатель ВП-1:
а) общий вид; б) схема положения дебалансов за один оборот валов

Для снижения вибрации электродвигателя и продления срока службы в ряде конструкций вибропогружателей его устанавливают на плите, отделенной от корпуса вибраторов пружинами. Помимо того, что плита является основанием, она выполняет роль пригрузочной массы, это улучшает характеристику вибропогружателя.

Выпускают вибропогружатели с вынуждающей силой от 60 до 1700 кН, с частотой вращения эксцентриков 420…1500 мин$^{-1}$ массой от 2,5 до 11,7 т.

Вибромолот является ударно-вибрационной машиной для забивки в грунт и извлечения из него свай, шпунтов, труб и т. д., а также рыхления и уплотнения грунтов путем совместного воздействия ударов и вибрации.

Вибромолот отличается от вибропогружателя тем, что его корпус не имеет жесткой связи со сваей и тем, что при колебаниях корпуса возникают удары, воспринимаемые сваей.

Вибромолот (рис. 7.2) имеет два электродвигателя *5* с дебалансами *6* на валах роторов. Корпусы электродвигателей закреплены на плите *4*, имеющей с нижней стороны боек *7*. Между плитой *4* и основанием *1* размещены пружины *3*.

При вынужденных колебаниях системы вибратор бойком *7* наносит удары по наковальне *2*. Работа вибромолота основана на совместном воздействии вибрации и ударов на сваю и грунт, в результате чего увеличивается эффективность погружения сваи не только в водонасыщенные несвязные грунты, но и в более плотные.

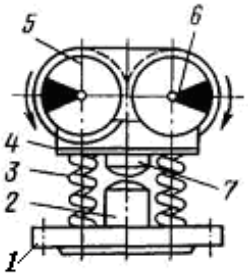

Рис. 7.2. Схема вибромолота

Копры и копровое оборудование сваебойных установок. Копры и копровое оборудование предназначены для перемещения свай к месту погружения, установки их в проектное положение и самого погружения. *Копры* представляют собой металлические конструкции, смонтированные на платформе с ходовой частью. Различают копры навесные (на тракторах, экскаваторах и автомобилях), рельсовые (на поворотных, неповоротных и траверсных тележках), мостовые (на рельсовом и гусеничном ходу). *Копровое оборудование* представляет собой копровые стрелы, навешиваемые в качестве сменного оборудования на строительные машины (краны, экскаваторы) без механизмов наведения свай.

По конструктивным признакам копры и копровое оборудование могут быть: универсальное, обеспечивающее во время работы машины полный поворот платформы с установленным на ней свайным погружателем, изменение вылета и рабочий наклон копровой стрелы для погружения наклонных свай; полууниверсальное, обеспечивающее только поворот платформы со свайным погружателем или только рабочий наклон копровой стрелы для погружения наклонных свай; простое, не имеющее механизмов для обеспечения поворота платформы, изменения вылета и рабочего наклона копровой стрелы.

Наиболее распространенным типом машин являются навесные копры. По своему исполнению они могут быть универсальными и полууниверсальными. Применение навесных копров, обладающих энергетической автономностью, высокой механизацией вспомогательных операций, мобильностью и маневренностью, позволяет совершенствовать технологию свайных работ, сократить продолжительность установки сваи, повышать производительность и снижать стоимость сооружения свайных оснований.

Виброударные шпунтовыдергиватели составляют особую группу ударно-вибрационных машин. Как показал опыт, применение вибропогружателей для извлечения различного рода элементов из грунта не всегда бывает достаточно эффективно. Это касается тех случаев, когда извлечению подлежат элементы (механический шпунт и трубы), находящиеся по технологическим причинам в грунте длительное время, или, когда извлечение нужно вести из смерзшихся грунтов. В таких условиях сила сцепления сваи с грунтом значительно превышает вынуждающую силу вибропогружателя и извлечение становится практически невозможным.

Принципиальной особенностью конструкций виброударных шпунтовыдергивателей является то, что, удар этих машин направлен вверх и передается непосредственно извлекаемому элементу, а вниз направлена только реакция пружин, значение которой изменяется плавно по синусоиде, в то время как ударный импульс действует в малом промежутке времени и достигает большого значения.

Виброударный шпунтовыдергиватель СП-83 предназначен для извлечения металлических балок и шпунта длиной до 17 м из грунтов различной плотности. Шпунтовыдергиватель используют с кранами и копрами грузоподъемностью не менее 20 т. Для уменьшения колебаний между крюком грузоподъемного устройства и выдергивателем расположен пружинный амортизатор.

Наибольшее распространение в практике строительства получили шпунтовыдергиватели Ш-2 и МШ-2М.

Копровые установки на базе тракторов СП-28 (С-870), С-873С, С-878К и СП-49В получили широкое распространение благодаря следующим преимуществам: энергетической автономности; простоте и надежности в эксплуатации; мобильности; возможности использования как на свайных полях, так и при погружении свай для фундаментов линейных объектов, например эстакад технологических трубопроводов, линий электропередач и т. п.

По расположению мачты относительно базовой машины копровые установки на тракторах бывают с фронтальной (передней или задней) или боковой навеской. Представителем копровых установок фронтальной навеской является установка СП-28 (рис. 8) на тракторе Т-170 (Т-130), предназначенная для погружения свай массой до 2 т и длиной до 8 м.

Основными узлами копровой установки являются мачта, рама, грузоподъемный механизм, устройство для установки сваи и гидропривод.

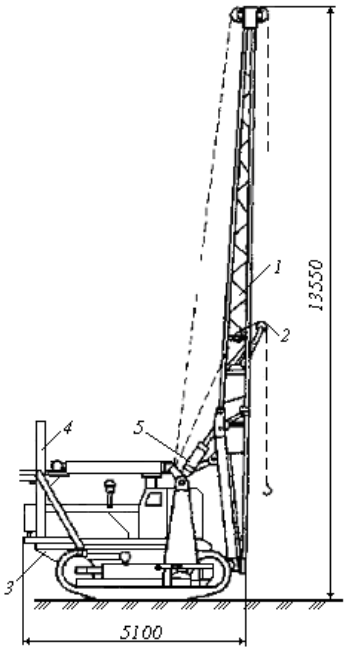

Рис.7.3. Копровая установка СП-28

Мачта *1* состоит из двух секций, шарнирно соединенных между собой. В рабочем положении секции мачты скреплены болтами. Нижняя секция шарнирно соединена с рамой *3*. Последняя служит основанием для мачты и с помощью двух кронштейнов и цапф шарнирно прикреплена нижней частью к трактору. Рама может поворачиваться вокруг этих шарниров вперед и назад на 5° с помощью двух гидроцилиндров.

Штоки гидроцилиндров соединены с рычагами перевода мачты в транспортное положение. При переводе мачты в транспортное положение и при транспортировании машины рама фиксируется быстросъемной жесткой растяжкой *4*, что позволяет разгрузить гидроцилиндры *5*.

Поперечное перемещение мачты осуществляется с помощью гидроцилиндра поперечного выравнивания мачты, установленного на раме. Передняя часть мачты имеет направляющие для движения молота.

Снизу мачта удлинена специальной съемной частью. В нижней части мачты расположен отводной блок для подтаскивания свай, в верхней части – смонтирована головка с блоками для канатов подъема молота.

Устройство для подъема и установки свай под молот выполнено в виде выдвижной стрелки *2*, привод которой осуществляется гидроцилиндром. Стрелка может выдвигаться вперед на 750 мм при установке сваи и убираться внутрь мачты при движении молота по направляющим.

Представителями копровых установок с боковой навеской являются машины С-878 и СП-49В, выполненные по одной конструктивной схеме. Боковая навеска мачты на трактор улучшает обзорность рабочей площадки, позволяет повысить производительность оборудования, исключив в некоторых случаях, особенно при линейном однорядном расположении свай, непроизводительные маневры трактором при переходе установки на новую точку погружения.

Копровая установка СП-49В предназначена для погружения свай длиной до 12 м, массой до 5 т и установлена на базе трактора Т-170 (Т-130), у которого удалена поперечная балансирная рессора и вместо нее смонтирована балка связи тележек трактора.

Навесное оборудование установки состоит из несущей и подвижной рам, гидроцилиндра выдвижения подвижной рамы, мачты, двух раскосов и двух гидрополиспастов.

Несущая рама служит для опирания и соединения всех составных элементов копрового оборудования. Подвижная рама предназначена для опирания на нее мачты через двухшарнирное соединение и для изменения ее вылета на 0,4 м, осуществляемого гидроцилиндром выдвижения подвижной рамы. Нижним концом подвижная рама соединена шарнирно с левой гусеничной рамой.

Мачта состоит из головки, верхней и нижней секций. На мачте установлены свайная стрелка, гидроцилиндр отклонения свайной стрелки, механизм протаскивания свайного каната, отклоняющий блок каната, упор для свай и блок подтягивания свай. Шарнирное соединение с подвижной рамой дает возможность мачте отклоняться от вертикального положения в любом направлении в определенных пределах. Свайная стрелка предназначена для подъема и установки сваи под молот.

Копровая установка С-878, предназначенная для погружения свай длиной до 8 м и массой до 3 т, аналогична по конструкции установке СП-49В и состоит из несущей рамы, мачты, устройств для установки свай под молот и изменения угла наклона и перемещения мачты. Управление механизмами и устройствами копрового оборудования гидравлическое.

ЛЕКЦИЯ 8

8 ОДНОКОВШОВЫЕ ПОГРУЗЧИКИ

Назначение, классификация, конструктивные схемы. Основное назначение одноковшовых погрузчиков в строительстве – выполнение погрузочно–разгрузочных операций с сыпучими, мелкокусковыми материалами и штучными грузами, а также для экскавации и погрузки в автосамосвалы (или отсыпки в отвал) грунтов I-III категорий и более прочных грунтов с предварительным рыхлением. Поэтому некоторые типы одноковшовых погрузчиков можно относить к машинам для земляных работ. Основным рабочим органом таких погрузчиков является ковш. Одноковшовые погрузчики классифицируют:

по грузоподъемности – малогабаритные (грузоподъемность до 0,5 т), легкие (0,5-2,0 т), средние (2,1-6 т), тяжелые (6,1-15 т), сверхтяжелые (свыше 15 т);

по расположению рабочего органа – с передним (наиболее распространены) и задним расположением;

по типу ходового оборудования – гусеничные, пневмоколесные и пневмогусеничные;

по способу разгрузки рабочего органа – с фронтальным, перекидным, полуповоротным и комбинированным оборудованием. При фронтальном оборудовании разгрузка ковша возможна только со стороны разработки материала; при перекидном – только задняя; для полу-

поворотного оборудования характерна боковая погрузка ковша; комбинированное оборудование позволяет производить и переднюю, и заднюю разгрузку.

Погрузчики выпускаются на специальных шасси и тягача, а также на специальных модификациях промышленных тракторов.

Привод рабочего оборудования одноковшовых погрузчиков в основном осуществляется гидроцилиндрами. По характеру воздействия гидроцилиндров на ковш механизмы погрузчиков разделяют на безрычажные и рычажные. Последние, в свою очередь могут быть одноступенчатыми и многоступенчатыми.

Наиболее распространенным механизмом является одноступенчатый механизм с перекрестной системой рычагов и механической системой слежения (рис. 8.1). Поворот ковша относительно стрелы производится гидроцилиндром *1*, подъем ковша со стрелой гидроцилиндром *2*.

Разгрузка ковша осуществляется поворотом ковша относительно стрелы гидроцилиндром *1* (постепенная или единовременная).

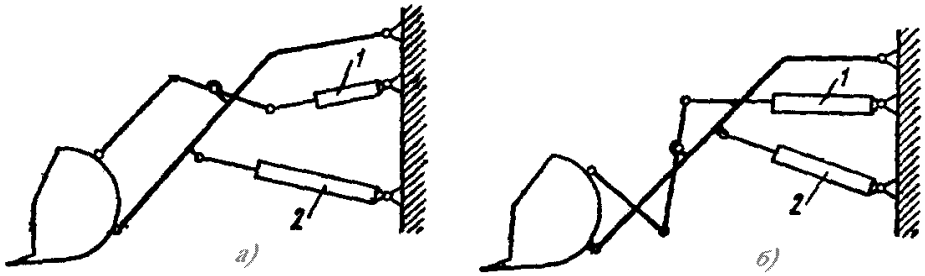

Рис. 8.1 Одноступенчатый рычажный механизм погрузчика с системами рычагов:
а - прямой; *б* – перекрестной; *1* – цилиндр поворота; *2* – цилиндр подъема

Преимущественное применение получили фронтальные универсальные погрузчики на пневмоколесном ходу со всеми ведущими колесами. Опорная рама погрузчика может быть жесткой и шарнирносочлененной. Погрузчики с шарнирно–сочлененной рамой обладают высокой мобильностью, маневренностью и наиболее эффективно используются в стесненных условиях.

Погрузчик (рис. 8.2) базируется на самоходном пневмоколесном двухосном шасси с шарнирно–сочлененной рамой *5*, состоящей из двух полурам, угол поворота в плане которых может составлять $\pm 40^0$. На передней полураме смонтировано погрузочное оборудование и жестко закрепленный передний мост. На задней полураме установлены: силовая установка *2*, гидромеханическая трансмиссия, задний мост на балансирной раме и кабина оператора *1*. Задний мост может качаться относительно продольной оси погрузчика, что обеспечивает высокие тяговосцепные качества машины. Рабочее оборудование погрузчика включает: ковш *8*, рычажную систему, состоящую из стрелы *7*, коромысла *9* и тяг *11*, и гидросистему привода.

Гидромеханическая трансмиссия базового шасси погрузчика включает: гидротрансфермотор, гидромеханическую коробку передач, редуктор отбора мощности *3*, карданные валы, передний и задний унифицированные ведущие мосты *4*. Редуктор отбора мощности обеспечивает передачу крутящего момента от двигателя к коробке передач и независимый привод гидронасосов рабочего оборудования и гидравлического рулевого управления. Рулевое управление погрузчика со следящей гидравлической обратной связью включает гидравлический руль и два вспомогательных гидроцилиндра, с помощью которых происходит поворот полурам относительно друг друга. Гидросистема погрузочного оборудования обеспечивает управление стрелой и ковшом при выполнении рабочих операций и включает в себя: два шестеренных насоса, распределитель, гидроцилиндр *10* поворота ковша, два гидроцилиндра *6* подъема и опускания стрелы.

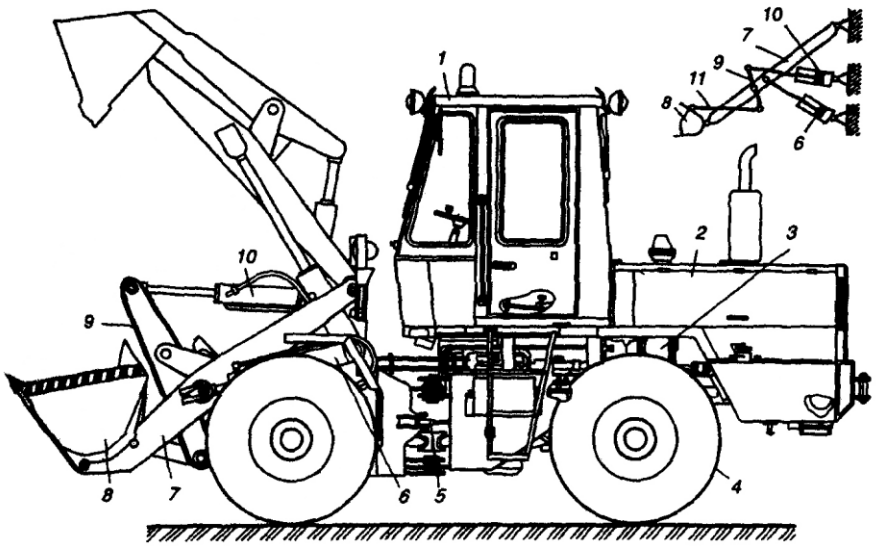

Рис.8.2 Фронтальный погрузчик

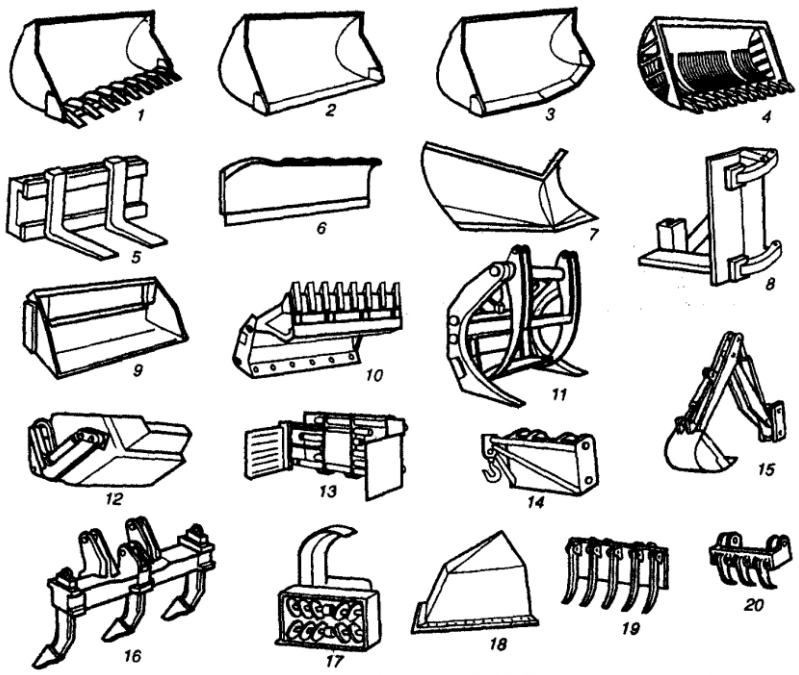

Рис. 8.3 Сменное рабочее навесное оборудование одноковшовых погрузчиков:
1 – ковш для скальных пород с зубьями; *2* – ковш без зубьев с прямолинейной режущей кромкой;
3 – то же с V – образной режущей кромкой; *4* – скелетный ковш;
5 – грузовые вилы; *6* – бульдозерный отвал; *7* – плужный снегоочиститель; *8* – захват для столбов и свай;
9 – ковш с принудительной разгрузкой; *10* – двухчелюстной ковш;
11 – захват для длинномеров; *12* – ковш для распределения бетона; *13* – захват для пакетов;
14 – кран; *15* – экскаватор; *16* – рыхлитель; *17* – роторный снегоочиститель; *18* – кусторез;
19 – корчеватель-собиратель; *20* – асфальтовзламыватель

Основной ковш погрузчика вместимостью 1,0 м^3 имеет прямую режущую кромку со съемными зубьями. Вместо основного ковша может быть установлен любой из семи видов сменных рабочих органов: ковши уменьшенной и увеличенной вместимости, двухчелюстной ковш, грузовые вилы, челюстной захват, крановая безблочная стрела.

Для производства работ в разных условиях одноковшовые строительные пневмоколесные погрузчики могут снабжаться сменными рабочими органами и навесным оборудованием, показанными на рис. 8.3.

Общий расчет. Основными параметрами погрузчика являются номинальная грузоподъемность $Q_н$ и вместимость ковша q.

Номинальную грузоподъемность $Q_н$ принимают согласно тяговому классу базовой машины в соответствии с ГОСТом 28635-90 (ИСО 5998-86) «Машины землеройные. Номинальная грузоподъемность гусеничных и колесных погрузчиков» и допустимой нагрузкой Р на передний мост.

Для погрузчиков, не предусмотренных стандартом, номинальную нагрузку определяют в зависимости от допускаемой нагрузки на ходовое оборудование машины (центр тяжести груза приложена в центре тяжести основного ковша, вылет – максимальный, рис. 8.4):

$$Q_н = к \cdot \frac{(P - G_о) \cdot x - G_т \cdot в_0}{(a + x) \cdot g} \text{;т} \qquad (8.1)$$

где $к$ – коэффициент запаса устойчивости: для колесных погрузчиков $к=0,5$; для гусеничных $к=0,35$; G_0 – вес погрузочного оборудования;

$G_т$ – вес тягача;

x, $в_о$ и a -соответственно горизонтальные координаты сил $Q_н$, G_0 и $G_т$; g- ускорение силы тяжести.

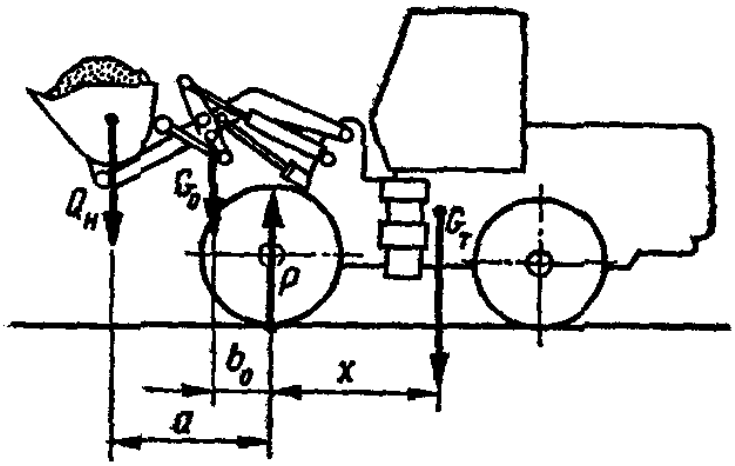

Рис. 8.4 Схема сил, действующих на погрузчик для определения грузоподъемной силы

Вес погрузочного оборудования принимают в пределах 25-35% веса базового трактора, а координаты – конструктивно.

После выбора и расчета параметров гидропривода и рабочего оборудования по этой же методике, определяется максимальная грузоподъемность погрузчика $Q_{макс}$.

Номинальную вместимость ковша определяют по плотности погружаемого материала ρ (обычно принимают ρ=1,6 т/м^3) и степени заполнения ковша при заполнении с «шапкой» коэффициент наполнения $к_н$=1,25:

$$q_н = \frac{Q_{макс}}{\rho \cdot к_н} \; ; \qquad (8.2)$$

Напорное усилие погрузчика считается равным тяговому усилию базовой машины с учетом увеличения ее веса за счет веса рабочего оборудования при коэффициенте буксования $\delta_к$=20%.

Скорость рабочего хода принимают по характеристике базовой машины, но не свыше 3-4 км/ч.

Ширина ковша должна быть на 100-150 мм больше величины следа или ширины базового трактора. Более подробные сведения о параметрах рабочего оборудования приводятся в справочной литературы и ГОСТах.

Внешние нагрузки определяют для погрузчика с опущенным ковшом, внедряющимся в штабель, днище которого расположено под углом 5^0 к горизонту.

При этом рассматриваются следующие наиболее опасные случаи нагружения (рис. 8.5): *а* - удар края ковша о непреодолимое препятствие при движении погрузчика с запертыми гидроцилиндрами стрелы и ковша по горизонтальному участку; *б* - вывешивание погрузчика вокруг передней оси при повороте внедренного в штабель ковша за счет усилия, развиваемого гидроцилиндрами поворота ковша; *в* - вывешивание погрузчика вокруг задней оси под действием цилиндров подъема стрелы.

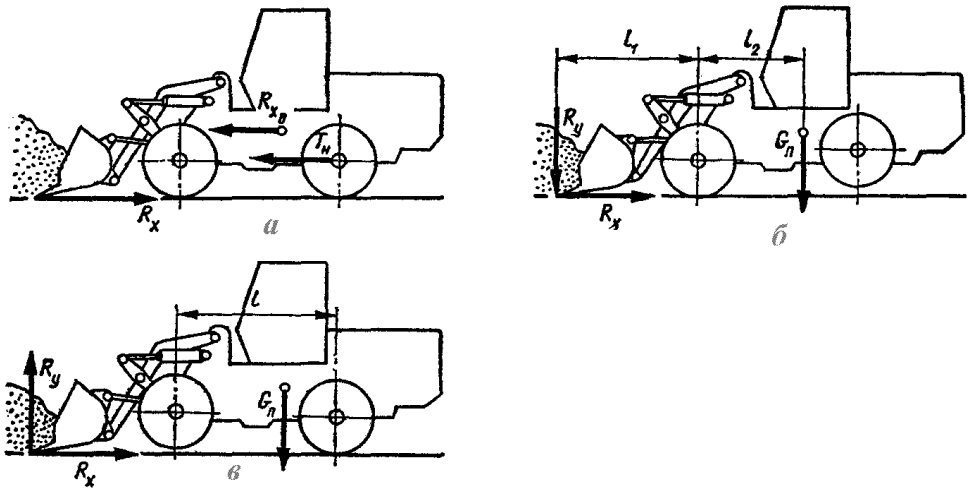

Рис. 8.5 Расчетные случаи нагружения погрузчиков

Для всех трех случаев внешние усилия считаются сосредоточенными силами, приложенными к концу режущей кромки (или к крайнему зубу). Во всех трех случаях к ковшу приложена горизонтальная сила, равная максимальному в данных условиях тяговому усилию.

Для первого случая (рис. 8.5, *а*) горизонтальное усилие определяется тяговым усилием, массой машины и скоростью ее движения:

$$R_x = R_{xc} + R_{xд}\,; \tag{8.3}$$

где R_{xc} – статическое напорное усилие, равное номинальному тяговому усилию $T_н$; $R_{xд}$ – динамическое усилие.

$$R_{xд} = V_p \cdot \sqrt{C \cdot M}\ ; \tag{8.4}$$

где V_p – рабочая скорость внедрения ковша, м/с;

C – приведенная жесткость, н/см;

M – приведенная масса погрузчика, кг.

Приведенную жесткость определяют по жесткости погрузочного оборудования C_1 и препятствия C_2:

$$C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}; \tag{8.5}$$

Приведенная масса с учетом вращающихся масс двигателя и трансмиссии:

$$M \approx M_п + к_т \cdot \frac{J_{дв} \cdot r^2}{r^2_к} \cdot \eta_т; \tag{8.6}$$

где $M_п$ – масса погрузчика; $к_т$ =1,3 коэффициент влияния маховых масс трансмиссии и ходовой части;

$J_{дв}$ – момент вращающихся масс двигателя;

i – передаточное отношение рабочей передачи;

$r_к$ – радиус качения колеса;

$\eta_т$ – КПД трансмиссии.

Для второго случая вертикальную силу находят из условия устойчивости машины (рис. 8.5 *б*).

$$R_у = \frac{G_п \cdot l_2}{l_1}; \tag{8.7}$$

где $G_п$ – вес погрузчика, l_1 и l_2 – плечи сил.

Горизонтальную силу принимают равной номинальному тяговому усилию $R_x = T_н$.

Для третьего случая (рис. 8.5, *в*) вертикальная сила равна усилию отпора, создаваемого при вывешивании трактора на задних колесах и зубьях ковша:

$$R_у = \frac{G_п \cdot (l - l_2)}{l + l_1}; \tag{8.8}$$

Горизонтальную составляющую определяют по сцепному весу с учетом разгрузки машины:

$$R_x = (G_п - R_у) \cdot \varphi \le T_н; \tag{8.9}$$

где φ – наибольший коэффициент сцепления.

Полученные величины служат основанием для расчета на прочность деталей рабочего оборудования и подбора гидроцилиндров.

Техническую производительность погрузчика определяют объемом черпаемого за цикл материала и длительного цикла:

$$П_{тех} = \frac{q_п \cdot к_н}{t_ц}; \tag{8.10}$$

где $t_ц = t_{черп} + t_г + t_м + t_{в.х.}$ – длительность цикла;

$t_{черп}$ – время черпания;

$t_г$ – продолжительность движения груженого погрузчика на разгрузку;

$t_м$ – время маневрирования для разгрузки;

$t_{в.х.}$ – длительность возвратного хода.

При правильной организации работ погрузчик – высокопроизводительная машина, успешно конкурирующая при работе в карьере с одноковшовыми экскаваторами.

1.3 Тематика реферативных работ

1. Изучение кинематических и гидравлических схем и основных сборочных единиц одноковшовых экскаваторов с механическим и гидравлическим приводами, регулировок, неисправностей и способов их устранения.

2. Изучение рабочего оборудования одноковшовых экскаваторов с механическим и гидравлическим приводами, способов производства работ.

3. Изучение рабочего оборудования и основных сборочных единиц зем- леройно-транспортных машин и способов регулировки пространственного положения рабочих органов. Основные неисправности и способы их устранения.

4. Изучение процессов развития и копания грунтов рабочими органами землеройных и землеройно-транспортных машин на моделях и на натуре.

5. Изучение процессов рыхления мерзлых грунтов и рабочих органов стойковых (тяговых), унарных и вибрационных рыхлителей.

6. Изучение характеристики и режимов работ трансмиссий машин для земляных работ.

7. Тензометрирование работы землеройных и землеройно-транспортных машин.

8. Изучение процессов уплотнения грунтов катками статического и вибрационного действия, с гладкими вальцами, кулачковыми и пневмоколесными.

9. Изучение процесса уплотнения грунта требованием, поверхностным виброуплотнением и вибротрамбованием.

10. Изучение конструкции паровоздушного молота двойного действия на погружение и выдергивание свай и шпунта

11. Расчет основных параметров одноковшовых экскаваторов с механическим и гидравлическим приводами. Расчет усилий, мощности, подброр оборудования: барабанов, редукторов, канатов, тормозов, насосов, гидромоторов, распределителей, трубопроводов.

12. Расчет основных параметров бульдозеров, скреперов, автогрейдеров, погрузчиков, планировщиков.

13. Определение сопротивлений, рабочих скоростей при работе землеройно-транспортных машин.

1.4 Тематика курсового проектирования

1. Проектирование сменного рабочего оборудования одноковшового экскаватора с механическим и гидравлическим приводами.

2. Модернизация ходового оборудования одноковшового экскаватора.

3. Проектирование или модернизация рабочего оборудования бульдозера.

4. Проектирование или модернизация рабочего органа скрепера.

5. Проектирование рабочего органа или системы управления автогрейдера.

6. Проектирование самоходного пневмоколесного катка.

7. Модернизация грунторазрабатывающего устройства малогабаритного земснаряда.

8. Модернизация сменного навесного оборудования для рыхления мерзлого грунта.

9. Проектирование рабочего органа погрузчика.

10. Проектирование рабочего органа планировщика.

11. Проектирование рабочего оборудования машины для забивки свай.

1.5 Примерная тематика дипломных проектов

1. Проект модернизации экскаватора ЕК-18 с применением его при реконструкции канала мелиоративной системы «Семигостичи-III» в СПК «Полесье ОБМ» Столинского района.

2. Проект модернизации бульдозера ДЗ-42 с применением его при реконструкции открытой осушительной системы в СПК «Михайловское Агро» Паричской ПМК-72 Октябрьского района.

3. Проект модернизации погрузчика на базе трактора БЕЛАРУС-1221 с применением его при строительстве площадки для стоянки автомобилей на дороге Минск-Слуцк.

4. Повышение эффективности эксплуатации МТП Пинской ПМК-58 с модернизацией рабочего оборудования экскаватора ЭО-3223 и применением его на объекте «Шоломичи».

5. Совершенствование технической эксплуатации машин для земляных работ в ОАО «ПМК-71» Слуцкого района с разработкой рабочего органа фрезерного каналоочистителя к ЭО-4121А.

6. Модернизация экскаватора ЭО-3322Д с применением его при реконструкции мелиоративной системы «Новое село»в СПК «Ульяновичи» Сенненского района.

7. Модернизация экскаватора ЭО-2627 с применением его при реконструкции мелиоративной системы «Чечера» КСУП «Меркуловичи» Чечерского района.

8. Модернизация рабочего органа экскаватора ЭО-2626 с разработкой мероприятий по его эксплуатаций в ОАО «ПМК-88 Водстрой » г. Климовичи на объекте «Верховье реки Лобжанка участок №3».

9. Модернизация рабочего органа экскаватора ЭО-5123 и его применение при ремонте мелиоративной системы «Кузовино» в ОАО «Горкиводхоз».

10. Проект модернизации бульдозера ДЗ-171.1 с разработкой технологии строительства эксплуатационной дороги № 2 в Горецком лесхозе.

1.6 Литература

1. Вавилов, А. В. Проектирование строительных и дорожных машин: учеб.-метод. пособие /А.В. Вавилов, А.А. Котлобай, А.Я. Котлобай. – Минск: БНТУ, 2013. – 392 с.

2. Максименко, А. Н. Эксплуатация строительных и дорожных машин / А.Н. Максименко. – СПб.: БХВ-Петербург, 2015. – 400 с.

3. Шестопалов, К. К. Машины для земляных работ: учеб. пособие / К.К. Шестопалов. – М.: МАДИ, 2011. –145 с.

4. Купченко, А.И. Эксплуатация мелиоративных и строительных машин: Учеб. пособие / А.И. Купченко, В.Д. Прудников. - Минск : Ураджай, 2000. – 157 с.

5. Довгяло, В. А. Дорожно-строительные машины. В 2 ч. Ч 1. Машины для земляных работ: учеб. пособие / В.А. Довгяло, Д.И. Бочкарев. – Гомель: БелГУТ, 2010. –250 с.

6. Карташевич, А. Н. Землярыйна-транспартныя машины /А.Н. Карташевич, Е.И. Мажугин. Минск: Ураджай, 2000. – 72 с.

7. Кикун, В. Я. Расчет основных параметров гидравлических одноковшовых экскаваторов с рабочим оборудованием обратная лопата: учеб. пособие / В.Я. Крикун, В.Г. Манасян. – М.: АСВ, 2001. – 104 с.

8. Щемелев, А. М. Бульдозеры: конструкция, расчет, производство работ: учеб. пособие / А.М. Щемелев. – Могилев: БРУ, 2000. –129 с.

9. Белецкий, Б. Ф. Строительные машины и оборудование: справ. пособие / Б.Ф. Белецкий. – Ростов н/Д: Феникс, 2002. –592 с.

10. Алексеева, Т. В. Дорожные машины. Ч. I. Машины для земляных работ/ Т.В. Алексеева, К.А. Артемьев [и др.]. Изд. 3-е. М.: Машиностроение, 1972. – 504 с.

2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2 1 Тематические планы проведения лабораторных и практических занятий

Тематический план проведения лабораторных занятий

№ п/п	Раздел	К-во часов	
		Полная форма	Сокращенная форма
1	**Одноковшовые экскаваторы**	**52**	**24**
2	**Землеройно-транспортные машины**	**20**	**12**
2.1	Бульдозеры	4	4
2.2	Грейдеры и автогрейдеры	4	2
2.3	Скреперы	4	2
2.4	Динамический расчет землеройных и землеройно-транспортных машин	4	2
2.5	Землеройно-фрезерные машины	4	2
3	**Машины и оборудование для гидромеханизации**	**2**	**2**
3.1	Гидромониторы	1	1
3.2	Гидроэлеваторы	–	–
3.3	Землесосы	–	–
3.4	Землесосные установки и снаряды	1	1
4	**Машины и механизмы для рыхления и разработки мерзлых и прочных грунтов**	**6**	**4**
5	**Машины для уплотнения грунтов**	**6**	**4**
5.1	Машины для уплотнения грунта укаткой	2	1
5.2	Машины для уплотнения грунта трамбованием	1	1
5.3	Вибрационные машины для уплотнения грунтов	2	1
5.4	Машины комбинированного действия	1	1
6	**Машины для свайных работ**	**2**	**2**
7	**Одноковшовые погрузчики**	**6**	**2**
8	**Основы автоматизированного проектирования и расчета землеройных машин**	**8**	**2**
Итого		**102**	**50**

Тематический план проведения практических занятий

№ п/п	Раздел	К-во часов	
		Полная форма	Сокращенная форма
1	**Одноковшовые экскаваторы**	**4**	**4**
2	**Землеройно-транспортные машины**	**12**	**12**
2.1	Бульдозеры	4	4
2.2	Грейдеры и автогрейдеры	2	2
2.3	Скреперы	2	2
2.4	Динамический расчет землеройных и землеройно-транспортных машин	2	2
2.5	Землеройно-фрезерные машины	2	2
3	**Основы автоматизированного проектирования и расчета землеройных машин**	**2**	**2**
Итого		**18**	**18**

2.2 Методические материалы для проведения лабораторных и практических занятий

1. ОДНОКОВШОВЫЕ ЭКСКАВАТОРЫ

Изучение технической характеристики, кинематической схемы, устройства и работы механизмов, устройства, работы и регулировок узлов гидравлической системы экскаватора ЕТ-18

Назначение экскаватора

Одноковшовый экскаватор ЕТ-18 представляет собой многоцелевую землеройную машину, предназначенную для разработки котлованов, траншей, карьеров в грунтах I…IV категорий, погрузки и разгрузки сыпучих материалов, разрыхленных скальных пород и мерзлых грунтов (при величине кусков не более 200 мм), а также для других работ в условиях промышленного, городского, сельского, транспортного и мелиоративного строительства.

Экскаватор сохраняет работоспособность в диапазоне температур окружающего воздуха от –40 до +40 °С.

Технические характеристики экскаватора ЕТ-18

Вместимость ковша, м^3……...1,0 (0,65; 0,77)
Масса экскаватора, т…….18,5
Марка дизельного двигателя…….Д-245
Номинальная мощность двигателя, кВт (л. с.).....77 (105)
Номинальная частота вращения вала двигателя, мин$^{-1}$.....2200
Мощность насосной установки, кВт (л. с.)…….51,5 (70)
Номинальное давление в гидросистеме, МПа (кгс/см^2)…….28 (280)
Подача насосной установки, л/мин……..248 (112+112+24)
Вместимость гидросистемы экскаватора, л…….335
Наибольшая частота вращения поворотной платформы, мин$^{-1}$…....6
Скорость передвижения, км/ч……2,4
Продолжительность рабочего цикла, с……..19
Номинальное напряжение в электросети, В……..12
Глубина копания, м……6,0
Радиус копания на уровне стоянки, м……...9,0
Высота выгрузки, м……6,0
Удельное давление на грунт, кгс/см^2……..0,43
Клиренс, мм……400
Геометрические характеристики, мм:
длина…….9400
ширина…….2750
высота…….....3180

Общее устройство экскаватора

Одноковшовый экскаватор ЕТ-18 состоит (рис. 1) из следующих основных составных частей и систем: удлиненного гусеничного хода *1*, поворотной платформы *2*, силовой установки *3*, рабочего оборудования *4*, гидравлической системы *5*, электрического оборудования.

Опорной частью экскаватора служит гусеничный ход. Гусеничный ход обеспечивает передвижение экскаватора, воспринимает нагрузки, возникающие при его работе, и передает их на грунт.

Поворотная платформа *2* крепится к опорно-поворотному устройству *6*, смонтированному на ходовой раме *7* гусеничного хода *1*.

На поворотной платформе смонтированы: силовая установка *3*, топливный бак, механизм поворота, кабина *8*, гидрооборудование (гидробак, гидрораспределители, маслоохладительная установка и др.), отопительно-вентиляционная установка, элементы электрооборудования.

Силовая установка экскаватора предназначена для привода всех механизмов и состоит из дизельного двигателя, фланца-переходника и насосного агрегата.

Рабочее оборудование экскаватора устанавливается в проушинах поворотной платформы и крепится с помощью пальцев.

Конструкция экскаватора предусматривает возможность использования различных видов сменного рабочего оборудования и рабочих органов, в том числе обратной лопаты, грейфера, гидромолота и др.

Привод всех рабочих движений, а также управление исполнительными органами экскаватора – гидравлические.

На экскаваторе используются электрические системы освещения, вентиляции, сигнализации и пуска дизельного двигателя, обеспечивающие возможность работы в любое время суток и нормальный микроклимат в кабине.

Устройство механизмов экскаватора

Гусеничный ход (рис. 2) (гусеничная тележка) – многоопорный с жесткой установкой опорных элементов, состоит из ходовой рамы *7*, приводов хода *1* с ведущими колесами, направляющих колес *10* с натяжными механизмами, гусениц *6*, опорных катков *3* и *8*, поворотной роликовой опоры *12*, гидрооборудования *4* и цепного коллектора *13*.

Ходовая рама *7* является базовым элементом экскаватора. К средней части рамы приварена опора *14*, к которой крепится зубчатый венец роликовой опоры *12*. В продольных балках *15* рамы устанавливаются приводы хода *1*, а также ползуны направляющих колес *10* с натяжными механизмами.

Опорный каток (рис. 4) крепятся к ходовой раме экскаватора и состоят из катков *5*, крышек *1* и осей *6*.

Для предохранения от попадания во внутреннюю полость опорного катка пыли и грязи применены уплотнения, состоящие из резиновых колец *3* и притертых друг к другу металлических колец *4*. Кроме того, уплотнения защищены дополнительным лабиринтом, образованным выточками катка *5* и крышек *1*. Крышки *1* фиксируются на оси *6* штифтом *2*.

Каток в сборе крепится болтами к нижним полкам продольных балок ходовой рамы.

Привод хода (рис. 7) представляет собой трехступенчатый цилиндрический планетарный редуктор.

Вал-шестерня *14*, благодаря наличию муфты *30*, является как бы продолжением выходного вала гидромотора *48* и находится в постоянном зацеплении с сателлитами *12*, которые обкатываются по зубчатому венцу крышки *22*, приводя во вращение водило *19*. От водила *19* крутящий момент передается на вторую ступень редуктора через солнечную шестерню *13*, сателлиты *27*, зубчатый венец корпуса *26* и водило *23*. Водило *23* передает вращение на третью ступень редуктора, включающую солнечную шестерню *29*, сателлиты *6*, водило *7* и второй зубчатый венец корпуса *26*. Однако, в отличие от двух первых ступеней, водило *7* не вращается, так как оно жестко связано с неподвижным корпусом *38*.

Во вращение приводятся корпус *26* и соединенная с ним болтами *2* звездочка *57*, играющая роль ведущего колеса привода хода. Для предохранения редуктора от попадания во внутреннюю полость пыли и грязи применены уплотнения, аналогичные уплотнениям опорных катков.

Привод хода снабжен тормозом постоянно замкнутого типа с гидравлическим приводом, который играет роль стояночного тормоза экскаватора, а также служит для предохранения гидромотора *48* от воздействия инерционных нагрузок. Торможение производится при помощи пружин *45, 46*, расположенных между крышкой *39* и поршнем *52*, и металлических дисков *35, 36*. Диски *35* входят в зацепление с неподвижной муфтой *32*, а диски *36* – с вращающейся муфтой *30*. При неработающем приводе хода пружины *45, 46*, воздействуя через поршень *52* на диски *35* и *36*, прижимают их друг к другу, в результате чего передача вращения через редуктор невозможна.

При включении привода хода одновременно сигнал гидроуправления подается в полость *P* между поршнем *52* и корпусом *38*. В результате поршень сдвигается в сторону гидромотора *48*, сжимая пружины *45, 46*; диски *35, 36* отходят друг от друга, и крутящий момент от гидромотора *48* передается на звездочку *57*.

Для смазки привода хода в корпусе редуктора предусмотрены отверстия с пробками *3*.

Опорно-поворотное устройство. В качестве опорно-поворотного устройства (рис. 3) на экскаваторе применена поворотная роликовая однорядная опора подшипникового типа с зубьями внутреннего зацепления.

Опора состоит из верхней *5* и нижней *7* полуобойм, а также зубчатого венца *2*, поверхности которых служат дорожками качения для цилиндрических роликов *4*. Торцы любых двух соседних роликов обращены в сторону разных пар дорожек качения (на венце *2* – две дорожки, на полуобоймах *5* и *7* – по одной).

При установке на экскаватор венец *2* соединяется болтами *3* с ходовой рамой *10*, а полуобоймы *5* и *7* болтами *8* скрепляются друг с другом и с поворотной платформой *1*, благодаря чему платформа имеет возможность поворачиваться относительно ходовой рамы на любой угол.

Между полуобоймами устанавливается комплект прокладок *6*.

Смазка роликов и дорожек качения полуобойм и венца производится через пресс-масленки *11*, установленные равномерно по наружной цилиндрической поверхности опоры.

Для предохранения вытекания смазки между венцом и полуобоймами установлены манжеты *9*.

Механизм поворота платформы. Поворот платформы осуществляется низкомоментным аксиально-поршневым гидромотором *13* (рис. 8) с двухступенчатым планетарным редуктором, увеличивающим крутящий момент и уменьшающим частоту вращения поворотной платформы. На выходном валу гидромотора *13* жестко закреплена солнечная шестерня *12*, находящаяся в постоянном зацеплении с сателлитами *16*. Сателлиты обкатываются по верхним внутренним зубьям зубчатого венца корпуса *9*, приводя во вращение водило *11* и вал.

На валу жестко закреплена солнечная шестерня *19*, находящаяся в постоянном зацеплении с сателлитами *7*, которые обкатываются по нижним внутренним зубьям зубчатого венца корпуса *18*, приводя во вращение водило *17* и вал *20*.

Вал *23* установлен в корпусе *5* на сдвоенных радиально-сферических подшипниках *4*. На конце вала жестко закреплена шестерня *1*, которая, обкатываясь по внутреннему зубчатому венцу опорно-поворотного устройства, заставляет платформу поворачиваться относительно пневмоколесного ходового устройства экскаватора.

Корпус планетарного редуктора механизма поворота состоит из трех частей (крышки *10*, корпусов *5* и *6*), соединенных болтами.

Для смазки подшипников и зубчатых зацеплений в крышке *10* предусмотрено заливное отверстие, закрываемое пробкой-сапуном *14*. Количество заправленного масла контролируется по отверстию, которое закрывается пробкой в корпусе *6*.

Для слива отработанного масла предусмотрены отверстия, закрываемые пробками *21* и *25*.

Направляющее колесо с механизмом натяжения гусеничной ленты. Каждая гусеница имеет свой независимый механизм натяжения гусеничной ленты, состоящей из направляющего колеса *2* (рис. 5), гидроцилиндра *5*, упирающегося штоком через амортизатор *4* в вилку *3*, соединенную с ползунами *1*.

Направляющее натяжное колесо *1* (рис. 6) установлено на бронзовых втулках *10* на оси *7*, зафиксированной штифтами *6* в ползунах *4*, устанавливаемых в направляющих продольной балки ходовой рамы.

Для герметизации внутренней полости направляющего колеса служат уплотнения, аналогичные уплотнениям катка опорного.

Гусеничная лента состоит из левых *4* и правых *6* звеньев с запрессованными в них втулками *5* и пальцами *7*, соединительных звеньев *7* и *9*, соединенных замыкающими втулками *10*, *12* и пальцем *11* с буртом и шплинтом.

К звеньям гусеничной ленты с помощью болтов *2* и гаек *3* крепятся опорные башмаки шириной 600 мм.

Рабочее оборудование

Конструкция экскаватора предусматривает возможность использования различных видов рабочего оборудования, в том числе: обратной лопаты, оборудования прямого копания, грейферного оборудования, гидромолота, гидравлических ножниц, измельчителя бетона.

На основании запросов потребителей завод-изготовитель постоянно работает над созданием новых видов и типоразмеров рабочего оборудования и сменных рабочих органов.

Обратная лопата (рис. 9) – основной вид рабочего оборудования экскаватора, предназначена для выполнения широкого круга землеройных, погрузочных и других работ.

Обратная лопата состоит из стрелы *1*, рукояти *3*, сменного рабочего органа *6*, механизма привода ковша *5*, гидроцилиндров *2*, *4* и *7*, а также системы трубопроводов и рукавов высокого давления, связывающих гидроцилиндры с гидросистемой экскаватора.

Поворот стрелы, рукояти и рабочего органа осуществляется соответствующими гидроцилиндрами.

К сменным рабочим органам обратной лопаты относятся ковши различной вместимости и назначения.

Основные регулировочные характеристики

Давление настройки предохранительных клапанов гидросистемы на экскаваторе ЕТ-18, МПа:

КП1, КП2, КП9, КП10, КП13, КП14 …….……28+2
КП3, КП4, КП5, КП6, КП7, КП8 ……...…32–2
КП11, КП12 ……...…….….21+2
КО1 …….....6±0,5
КО2 ……...3,5±0,5
Давление в системе дистанционного гидроуправления.....3,0+0,5

Техническое обслуживание

В зависимости от объема и состава работ, а также периодичности их выполнения техническое обслуживание экскаватора подразделяют на виды:

ЕО – ежесменное техническое обслуживание, выполняемое перед началом и после окончания каждой смены;

ТО-1 – техническое обслуживание, проводимое через каждые 125 моточасов работы двигателя;

ТО-2 – техническое обслуживание, проводимое через каждые 500 моточасов работы двигателя;

ТО-3 – техническое обслуживание, проводимое через каждые 1000 моточасов работы двигателя;

СО – сезонное техническое обслуживание, выполняемое при переходе к новому сезону эксплуатации.

При проведении технического обслуживания и текущего ремонта экскаватора строго соблюдайте меры безопасности.

Перед разборкой соединений гидросистемы необходимо выкрутить пробки в верхних крышках фильтров для обеспечения связи с атмосферой.

Работоспособность экскаватора в значительной степени зависит от марки и чистоты применяемой рабочей жидкости.

Масло, заливаемое в гидросистему, должно иметь сертификат качества. Класс чистоты рабочей жидкости – не ниже 12 согласно установленной в России классификации.

Обратите особое внимание на своевременность замены рабочей жидкости, соответствие марки масла сезону эксплуатации.

Первую замену рабочей жидкости производите через 100 часов работы экскаватора, последующие – при сезонном техническом обслуживании, а при отсутствии смены сезона – через 2000 моточасов, но не реже чем: для основных сортов масел – одного раза в 2 года; для сортов-заменителей – одного раза в год.

Заправка рабочей жидкости в гидросистему экскаватора должна производиться через фильтр с тонкостью фильтрации не более 25 мкм.

Порядок замены рабочей жидкости

1. Подготовьте емкости для сбора рабочей жидкости, вытекающей из отсоединяемых трубопроводов и гидроаппаратов.

2. Заведите двигатель и разогрейте рабочую жидкость до 60…70 °С, производя имитацию рабочих движений всеми исполнительными органами экскаватора.

3. Установите экскаватор на ровной, специально оборудованной, исключающей возможность загрязнения окружающей среды площадке и расположите рабочее оборудование таким образом, чтобы штоки гидроцилиндров рукояти и ковша были до упора втянуты, а зубья ковша упирались в землю.

4. Произведите строповку краном штока гидроцилиндра стрелы и придержите его. Отсоедините шток от стрелы и опустите гидроцилиндр.

Втяните до отказа шток гидроцилиндра стрелы.

5. Заглушите двигатель.

Отсоедините трубопроводы и рукава от гидроцилиндров стрелы, рукояти, ковша. Слейте из отсоединенных трубопроводов, рукавов и штоковых полостей гидроцилиндров рабочую жидкость.

6. Слейте рабочую жидкость из корпуса насоса, гидробака, калорифера маслоохладительной установки, для чего выверните сливные штуцеры на гидробаке и насосе.

7. Демонтируйте с экскаватора фильтры, разберите их, промойте детали и замените фильтроэлементы. Соберите фильтры и установите на место.

8. Восстановите герметичность гидросистемы и установите на места все отсоединенные трубопроводы и рукава, заверните сливные штуцера. Замените деформированные и поврежденные уплотнительные кольца.

9. Заправьте гидробак чистой рабочей жидкостью соответствующей марки до верхней отметки на смотровом стекле.

Рекомендуется использовать механизированные системы заправки производительностью не более 100 л/мин.

10. Запустите двигатель и прогрейте рабочую жидкость.

Поработайте рычагом управления стрелой для заполнения рабочей жидкостью поршневой и штоковой полостей гидроцилиндра стрелы. Произведите строповку штока гидроцилиндра стрелы и с помощью крана закрепите шток на стреле.

11. Произведите имитацию рабочих движений всеми исполнительными органами экскаватора.

Добейтесь удаления воздуха из гидросистемы путем многократного (5…10 раз) включения каждого исполнительного органа экскаватора.

12. Дозаправьте гидробак до верхней отметки на смотровом стекле указателя уровня топлива гидробака.

Регулировка механизма натяжения гусеничной ленты

Регулярно проверяйте натяжение цепей гусеничной ленты.

Провисание цепи должно составлять 15…35 мм. Если оно больше, необходимо снять крышку *6* (рис. 5) и через пресс-масленку нагнетать в полость гидроцилиндра густую смазку до необходимого натяжения гусеничной ленты, затем вывернуть масленку и завернуть вместо нее заглушку или болт М10×1.

Перед началом эксплуатации и через каждые 125 часов эксплуатации проверяйте уровень масла в корпусах редукторов приводов хода, механизма поворота и насосного агрегата.

Обслуживание роликового опорно-поворотного устройства

Техническое обслуживание роликового опорно-поворотного устройства заключается в проверке затяжки крепежных болтов и в пополнении смазки во внутренней полости опоры и на рабочих поверхностях зубьев. Проверка затяжки крепежных болтов проводится путем приложения к каждому крутящего момента, постепенно увеличиваемого до 350...400 Н·м.

Пополнение смазки производите в соответствии с таблицей смаз- ки – через четыре масленки, расположенные симметрично по окружности устройства. Для обеспечения более равномерного распределения смазки по всей окружности внутренней полости опоры операцию смазки необходимо повторить, развернув опору вместе с поворотной платформой экскаватора относительно ходовой рамы на угол 45 град. Количество смазки, подаваемой во внутреннюю полость опоры во время технического обслуживания, должно быть не менее 0,6 кг. Допускается подача меньшего количества смазки, если при равномерном распределении смазки во внутренней полости наблюдается ее выдавливание через уплотнения или если подачу смазки осуществлять непосредственно в смазочный канал при вывернутой пресс-масленке.

Изучение технической характеристики, кинематической схемы, устройства и работы механизмов, устройства, работы и регулировок узлов гидравлической системы экскаватора ЭО-4121А

Назначение, технические характеристики

Экскаватор ЭО-4121А (лист 1) полноповоротный, универсальный строительный экскаватор на гусеничном ходу с гидравлическим объемным приводом. Он предназначен для выполнения земляных работ на грунтах I...IV категорий и предварительно разрыхленных скальных и мерзлых грунтах с кусками размерами не более 400 мм при температуре окружающей среды от – 40 до + 40°С, а в тропическом исполнении до +55°С. Экскаватор применяют для разработки карьеров, рытья котлованов, траншей, каналов, погрузки грунта и сы-

пучих материалов. С помощью экскаватора можно рыхлить скальные породы и мерзлый грунт специальным сменным органом – рыхлителем.

Конструкция экскаватора предусматривает возможность использования сменного рабочего оборудования следующих видов: обратной лопаты, обратной лопаты с удлиненной рукоятью, прямой лопаты, прямой лопаты с поворотным ковшом, погрузочного оборудования, грейфера, грейфера с удлинителем, рыхлителя. В зависимости от вида выполняемой работы и характеристики разрабатываемых грунтов экскаватор имеет ковши различных объемов (0,3...1,5 м^3).

Конструкция ходовой части экскаватора предусматривает возможность установки уширенных звеньев, что снизит давление на грунт до 0,04 МПа и улучшит условия передвижения и работы экскаватора на слабых и переувлажненных грунтах.

Технологические возможности гидравлического экскаватора ЭО-4121А с «жесткой» подвеской рабочего оборудования значительно шире технологических возможностей экскаватора ЭО-4112А с «гибкой» подвеской рабочего оборудования.

Основные технические данные экскаватора с базовой частью стрелы

Двигатель		
Тип	Четырехтактный дизель	
Модель	А-01М	А-01М
Номинальная мощность, л. с. (кВт)	130 (96)	135 (99)
Наибольшая скорость передвижения, км/ч	2,8	2,8
Число катков:		
опорных	5×2	5×2
поддерживающих	2×2	3×2
Частота вращения поворотной платформы, об/мин	6	6
Наибольший преодолеваемый подъем, град	22	22
Конструктивная масса с нормальным звеном, т	18,3	18,9
Гидравлическая система		
Основной насос:	Аксиально-поршневой	
Тип	Сдвоенный регулируемый	
Модель	223.25.01.00	
Подача, л/мин	2×165	
Наибольшее давление в гидросистеме, кгс/см^2(МПа)	250 (25)	

Общее устройство экскаватора ЭО-4121А

Экскаватор ЭО-4121А (плакат 1) состоит из трех составных частей: гусеничной тележки *10,* поворотной платформы *9* и рабочего оборудования (рукоять 5, стрелы *9,* ковша *5*). Гусеничная тележка *10* является опорной базой всего экскаватора и служит для его передвижения. На тележку *10* через опорно-поворотное устройство *11* опирается поворотная платформа *9*. На поворотной платформе размещены: силовая установка *12,* механизм поворота, гидросистема, кабина *2,* электрооборудование, гидроцилиндры *7* стрелы, базовая часть стрелы *8,* противовес, рычаги механизма управлений и капоты.

На экскаваторе монтируют один из видов сменного рабочего оборудования. Силовая установка, состоящая из дизельного двигателя А-01М (дизеля) и насоса типа 223.25.01, является источником энергии для всех механизмов и агрегатов экскаватора.

На экскаватор ЭО-4121А установлен шестицилиндровый четырехтактный водяного охлаждения дизель А-01М с воспламенением от сжатия. Дизель имеет рядное вертикальное расположение цилиндров диаметром 130 мм и ходом поршня 140 мм.

От насоса через гидрораспределители рабочая жидкость поступает под давлением к исполнительным механизмам: гидромоторам и гидроцилиндрам. Гидрораспределителями управляют с помощью рычагов и педалей, расположенных в кабине машиниста. Все механизмы и агрегаты на поворотной платформе закрыты капотами.

Конструкция кабины машиниста, приборы, расположенные на панелях пульта управления, а также система отопления и вентиляции обеспечивают условия для производительной работы на экскаваторе. Все базовые узлы экскаватора и рабочего оборудования изготовлены из низколегированной стали.

Кинематическая схема

Дизель 57 (лист 27) через упругую муфту *58* передает движение насосу *59,* а через клиноременную передачу – генератору *60,* являющемуся источником электроэнергии для вспомогательных механизмов. Насос подает рабочую жидкость к гидромоторам *23* привода редукторов механизма поворота, механизма передвижения и гидроцилиндрам рабочего оборудования. Редуктор *5* механизма поворота представляет собой трехступенчатую зубчатую передачу, размещенную в корпусе. Выходная шестерня *7* соединена с зубчатым венцом *8* опорно-поворотного устройства. Механизм передвижения состоит из двух редукторов – правого *19* и левого *20.* Конструкции редукторов механизма передвижения и механизма поворота аналогичны. Различие их состоит в числе зубьев первой пары шестерен и конструкции выходного вала, на котором смонтировано ведущее колесо *18* гусеничной ленты *1.* Направляющее колесо *10* гусеничной ленты смонтировано на валу механизма натяжения гусеничной ленты.

Гусеничная тележка (лист 27)

Гусеничная тележка обеспечивает передвижение экскаватора в забое и на небольшие расстояния, воспринимает нагрузки, возникающие при работе, и передает вес машины на грунт. Тележка представляет собой сварную металлоконструкцию – раму, на которой смонтированы поворотная роликовая опора *6,* правый *19* и левый *20* редукторы механизма передвижения, гидроразводка, опорные катки *12* и поддерживающие ролики *8,* механизм натяжения *10, 14, 15.* Между натяжным колесом *10,* ведущим колесом механизма передвижения *18,* поддерживающими роликами *8* и опорными катками *12* установлены бесконечные гусеничные ленты *16* и *1.*

Рама тележки состоит из двух боковых балок *5* и *11,* на которых с одной стороны находятся разъемные опоры *39* для установки редукторов механизма передвижения, а с другой – направляющие для установки подвижной опоры натяжного колеса *10.* На верху балки приварены кронштейны *40* для поддерживающих роликов, снизу – отверстия для установки опорных катков. Боковые балки *5* и *11* представляют собой сварную конструкцию из двух швеллеров, изготовленных из низколегированной стали и связанных между собой полосами и диафрагмами. На боковые балки *5* и *11* сверху установлены и приварены две поперечные балки *2* и *7* коробчатого сечения, изготовленные из полос толщиной 16 и 20 мм. На одной из них приварены уши для крепления редукторов механизма передвижения и косынки для транспортировки. Поперечные балки *2* и *7* соединены балками *41* также коробчатого сечения.

На раму, образованную из балок, приварена литая обечайка *6* для крепления опорно-поворотного устройства (лист 21). Внутри обечайки между балками *41* (лист 27) приварен швеллер *5* для установки коллектора *4.*

Поворотная роликовая опора. Поворотная роликовая опора (лист 21) предназначена для соединения поворотной платформы с гусеничной тележкой. Поворотная роликовая опора состоит из зубчатого венца *21,* с зубьями которого сцепляется шестерня *25* поворотного ме-

ханизма, нижней полуобоймы *19,* верхней полуобоймы *18* и цилиндрических роликов *20.* Ролики расположены между венцом *21* и полуобоймами *18* и *19* крестообразно и могут перекатываться по специальным дорожкам, изготовленным в венце *21* и полуобоймах *18* и *19.*

Поворотная роликовая опора установлена между рамой гусеничной тележки и поворотной платформой. Венец *21* прикрепляется болтами к обечайке *6* (лист 27).

Верхняя полуобойма *18* и нижняя *19* соединяются между собой болтами и прикрепляются к кольцу *17,* приваренному к платформе *15.*

Механизм натяжения гусеничной ленты. Долговечность работы гусеничной ленты, механизма передвижения, опорных и поддерживающих катков и рамы зависит от правильного натяжения гусеничной ленты, на которой установлен механизм натяжения.

Механизм натяжения (лист 27) гусеничной ленты состоит из натяжного колеса *10,* установленного на сферических роликовых подшипниках *42,* оси *37,* установленной в ползунах *36* и зафиксированной от поворота шпонкой *43,* вилки *14,* соединенной с ползунами болтами, и цилиндра *34* с плунжером *33.* В цилиндре смонтированы шариковый обратный клапан *32* с масленкой. Натяжное колесо *10* установлено ползунами в направляющие вилки боковых балок *54* и *11* и может свободно передвигаться. Цилиндр *34* шаровой опорой *31* упирается в сферическое гнездо чашки *44,* приваренной на боковой балке, а плунжер *33* – в расточку вилки *14.*

Работа механизма осуществляется нагнетанием через масленку *32* в гидроцилиндр *34* густой смазки, которая, действуя на плунжер *33,* передвигает натяжное колесо *10,* натягивая ленту. Уплотнительное кольцо, манжета *45* и обратный клапан *32* удерживают смазку в полости цилиндра *34.*

Опорный каток и поддерживающий ролик. Опорный каток опирается на нижнюю часть ленты, передает силу тяжести экскаватора и участвует в его передвижении. Поддерживающий ролик удерживает верхнюю часть ленты от провисания. Поддерживающий ролик *9* (лист 27) состоит из двух штампованных, соединенных с помощью сварки, половин *46,* в которые запрессованы две бронзовые втулки *47,* ось *48,* крышка *49.* Для предохранения трущихся частей от пыли и грязи и предупреждения вытекания смазки поставлены резиновые уплотнительные кольца и уплотнения. Ось *48* прикреплена к полкам боковых балок *5* к *11* двумя боковыми болтами. Втулки *47* смазываются через масленку.

Устройство поддерживающего ролика *8,* устанавливаемого на кронштейнах боковых балок, аналогично устройству опорного катка и полностью с ним взаимозаменяемо.

Гусеничная лента предназначена для передвижения экскаватора. Сверху лента *16* опирается на поддерживающие ролики *8,* а опорные катки *12* катятся по нижней ветви гусеничной ленты. Гусеничная лента состоит из отдельных звеньев. Звено представляет собой отливку из высокопрочной стали, имеющую выступ *50,* который заходит в пространство между кулаками ведущего колеса *18* и проушин, при помощи которых звенья соединены между собой пальцами *57.*

Механизм передвижения. Передвижение экскаватора в забое и между объектами осуществляется механизмом передвижения. Механизм передвижения состоит из двух гидромоторов *23* (лист 27) и двух редукторов – правого *19* и левого *20.* Между гидромотором и редуктором установлена соединительная муфта *24, 25, 27* и тормоз *22.* Гидромотор *23* установлен в расточке кожуха *26* и прикреплен четырьмя болтами. Кожух *26* привинчен к корпусу редуктора пятью болтами *52.* Вал гидромотора *23* и первичный вал-шестерня *28* редуктора соединены между собой с помощью полумуфт *24* и *27,* в цилиндрических пазах которых установлены восемь резиновых шашек *25.* Редуктор механизма передвижения – цилиндрический трехступенчатый с зубчатым зацеплением. Первая пара – косозубая, две другие – прямозубые.

Вал *21* и валы-шестерни *28, 29* и *30* установлены на подшипниках качения, которые смонтированы в стальном корпусе редуктора и стаканах. На выходном валу *21* установлено

ведущее колесо *18,* которое представляет собой стальную отливку восьмигранной формы со ступенчатыми гнездами для выступов гусеничных звеньев.

На редукторах механизма передвижения применяют нормально замкнутый тормоз колодочного типа ТК-200. Полумуфта *27* (лист 27) служит также шкивом тормоза. Стойки *53* и *54* пальцами шарнирно закреплены на основании *56,* приваренном к задней балке *2.* На стойки *53* и *55* шарнирно закреплены колодки *22.* Тормоз замкнут усилием сжатой пружины *54* и выключается рабочей жидкостью, которая подается под давлением в цилиндр *38* и, действуя на поршень, отводит колодки *22* от тормозного шкива.

Механизм поворота (лист 21)

Служит для вращения поворотной платформы экскаватора, а также затормаживания ее при стоянках и транспортировании. Редуктор механизма поворота установлен в нише нижней части поворотной платформы в центрирующем стакане и прикреплен болтами *16* к нижнему листу поворотной платформы *15.* Механизм поворота состоит из гидромотора 1 и редуктора *6,* соединительной муфты *42, 43, 45* и тормоза *39, 40, 41.* Редуктор механизма поворота отличается от редуктора механизма передвижения передаточным числом первой пары зубчатого зацепления и конструкцией выходного вала *14.* На выходном валу *14* редуктора механизма поворота смонтирована шестерня *25,* которая входит в зацепление с зубчатым венцом *21* роликовой поворотной опоры, а также установлена дополнительная манжета *29* между подшипником *27* и зубчатым колесом *30.*

На экскаваторах последних выпусков в механизме поворота платформы установлен тормоз дискового типа. Он состоит из тормозного диска *40* с фрикционными накладками *39,* который закреплен на ступице *54* со шлицами. Ступица *54* диска *40* насажена на шлицевую часть ведомой полумуфты *42.* Полумуфта *42* через резиновый вкладыш *43* соединена с ведущей полумуфтой *45.* Тормозной диск *40* с фрикционными накладками *39* прижимается к корпусу муфты *2* с помощью нажимного диска *41,* который поднимается вверх или опускается вниз через тягу *52* поршнем-размыкателем тормоза *38.* Поршень-размыкатель *38* движется в корпусе *3* размыкателя тормоза. Нажимной диск *41* от вращения фиксируется болтами *53.*

При отсутствии давления в обоих рабочих гидролиниях питания гидромотора *1* через размыкатель затормаживается диск *40,* который останавливает вал редуктора *34*, а, следовательно, останавливается поворотная платформа.

При включении золотника управления, подающего рабочую жидкость к гидромотору *1,* тормозной диск *40* отходит вниз с помощью размыкателя *38.* Применение тормоза на входном валу редуктора дает возможность надежно удерживать поворотную платформу от поворота под действием нагрузок, возникающих при копании траншеи, при расположении экскаватора на уклоне и т. п.

3. Изучение технической характеристики, кинематической схемы, устройства и работы механизмов, устройства, работы и регулировок узлов гидравлической системы экскаватора ЭО-3223

Назначение экскаватора

Экскаватор одноковшовый третьей размерной группы с увеличенной опорной поверхностью гусениц гидравлический ЭО-3223 представляет собой многоцелевую землеройную машину, предназначенную для разработки новых и очистки находящихся в эксплуатации каналов мелиоративных и ирригационных систем, для погрузки и разгрузки сыпучих материалов, разрыхленных скальных пород и мерзлых грунтов (кусками наибольшим измерением не более 200 мм). Экскаватор может быть использован в промышленном, гражданском, сель-

ском и транспортном строительстве при разработке котлованов, траншей и других земляных сооружений в грунтах I–IV категорий (по приложению к ГОСТ 17343–85).

Отличительной особенностью экскаватора является малое удельное давление на грунт, поэтому наиболее рационально использовать его на слабых грунтах с малой несущей способностью (заболоченных местах, сильно переувлажненных грунтах и т.п.).

Технические характеристики экскаватора

Тип и марка двигателя – четырехтактный дизель Д-245
Эксплуатационная мощность двигателя……..…….77 кВт (106 л.с.)
Частота вращения вала двигателя…….....35,7 об/с (2200 об/мин)
Давление в основной гидросистеме…….…….25 МПа
Давление в системе управления…..….....3–3,5 МПа
Вместимость ковша……0,4 $м^3$
Емкость гидросистемы экскаватора……..……...400 л
Время цикла……...…….……18,5 с
Частота вращения поворотной платформы..0,146 об/с (8,75 об/мин)
Скорость передвижения экскаватора наибольшая……..…...4,0 км/ч
Тяговое усилие на гусеницах наибольшее…….....155,0 кН
Преодолеваемый …….….0,383 рад (не менее 22 град)
Масса экскаватора эксплуатационная…….……13800 кг
Расход топлива на 1000 $м^3$ грута……..…...98 л
Расход рабочей жидкости на 1000 $м^3$ грунта….……...5 л

Состав, устройство и работа экскаватора

Экскаватор состоит (рис. 1) из следующих составных частей и систем: гусеничного хода *1*; поворотной платформы с механизмами *2*; гидросистемы (силовой и управления) *3*; электрооборудования *4*; сменного рабочего оборудования *5*.

Конструкция экскаватора предусматривает возможность использования различных видов сменного рабочего оборудования и рабочих органов, в том числе обратной лопаты с рукоятями различной длины, различной емкости и назначения, удлиненной обратной лопаты.

Управление всеми рабочими движениями механизмов поворота, хода и рабочим оборудованием экскаватора – гидравлическое дистанционное.

Ход гусеничный (рис. 2) – многоопорный, с жесткой установкой опорных элементов. Состоит из рамы ходовой *4*, приводов хода правого *10* и левого *9*, механизмов натяжения *6*, гусеничной ленты *2*, катков поддерживавших *5*, катков опорных *3*, опорно-поворотного устройст-ва *27* и гидросистемы, включающей в себя коллектор центральный I и трубопроводы, соединяющие его с исполнительными гидроагрегатами.

Рама ходовая *4* (базовый элемент экскаватора) состоит из двух продольных балок, приваренных к средней части ходовой рамы.

На среднюю часть ходовой рамы приварен литой барабан, к которому болтами крепится зубчатый венец опорно-поворотного устройства и подставка для крепления центрального коллектора.

В ланжеронах устанавливаются поддерживающие катки и механизм натяжения гусеничной ленты.

Каток опорный (рис. 3) состоит из сварного катка *2*, двух уплотнений *1*, оси *4*, двух крышек *5*. Для предохранения вытекания смазки установлены кольца *8*.

Отверстие для заливки смазки закрыто пробкой *3*. Ось крепится штифтами *8*.

Ролик поддерживающий (рис. 4) состоит из катка *2*, уплотнения *1*, оси *4*, двух шарикоподшипников *16*, крышек *5* и *6*. Для предохранения подшипников от пыли и грязи и от вы-

текания смазки установлены кольца уплотнительные *13* и *14*. Крышки *5* и *6* фиксируются болта- ми *10,* штифтами *17*, кольцом *11*. Отверстие в крышке *6* закрыто проб- кой *3*.

Механизм передвижения состоит из приводов хода правого 10 (рис. 2), левого *9* и гусеничных лент *2*.

Привод хода (рис.5) состоит из гидромотора *35* и редуктора, передающих момент вращения от вала гидромотора через муфту *11* на вал-шестерню *9*, далее на водила *1, 2, 3*, корпус *6* и ведущее колесо *19* гусеничной ленты. На корпус *6* устанавливается крышка *7*, закрепляемая болтами *26*.

Тормоз хода дискового типа, нормально замкнутый. В заторможенном положении усилием от пружины *15* поршень *14* прижимает тормозные диски *4, 12, 13*.

Растормаживание осуществляется рабочей жидкостью, которая под давлением поступает через канал в ступице *20* и, воздействуя на поршень *14*, отжимая его, растормаживает диски *4, 12, 13*.

Гидроразводка гусеничного хода включает в себя коллектор вертикальный *1* (рис. 2) и трубопроводы.

Коллектор вертикальный (рис. 7) предназначен для передачи рабочей жидкости от гидрораспределителей, расположенных на поворотной платформе, к гидромоторам и гидроразмыкателям тормозов механизма передвижения.

Коллектор секционного типа установлен вертикально в подставку (рис. 2) на ходовой раме. Подвижным элементом при вращении является наружная обойма, состоящая из четырех рабочих секций *4* (рис. 7), одной секции дренажной *3* и одной секции *2* для управления тормозами механизма передвижения, которые стянуты четырьмя шпильками *5* между собой.

Уплотнение секций на колонке осуществляется резиновыми манжетами *11* и защитными кольцами *14*.

Фиксация манжет от осевого перемещения осуществляется распорными кольцами *13* и *15*.

Усилие от веса подвижных частей коллектора воспринимает шариковый подшипник *10,* установленный в верхней части колонки.

При работе экскаватора наружная часть колонки вращается вместе с поворотной платформой, нижняя колонка *I* остается неподвижной.

Фиксация наружной обоймы коллектора относительно поворотной платформы осуществляется планкой *6*, закрепленной на коллекторе двумя болтами *7*.

Каждая гусеничная лента имеет свой независимый механизм натяжения (рис. 8).

Механизм состоит из колеса натяжного, установленного на оси в вилке *3* амортизатора *2*, клапана *1*.

Для натяжения гусеничных лент необходимо через клапан *1* нагнетать густую смазку.

Чтобы ослабить натяжение гусеничной ленты, необходимо вывернуть пресс-масленку в клапане и слить смазку (при подаче экскаватора назад).

Конструкция экскаватора предусматривает применение гусеничных лент трех модификаций и возможности их взаимной быстрой замены при работе экскаватора на различных грунтах.

В качестве опорно-поворотного устройства (ОПУ) *27* (рис. 2) на экскаваторе применена поворотная роликовая однорядная опора с зубьями внутреннего зацепления.

ОПУ обеспечивает вращение поворотной платформы относительно ходовой рамы и передачу на ходовое устройство нагрузок, возникающих при работе экскаватора.

ОПУ состоит из зубчатого венца *23* двух полуобойм – верхней *27* и нижней *29*, поверхности которых служат дорожками качения для цилиндрических роликов *31*. Торцы любых соседних роликов обращены в сторону разных пар дорожек качения (на венце *23* две дорожки, на полуобоймах *27* и *29* по одной).

Между полуобоймами устанавливается комплект прокладок *28*. Прокладки служат для получения необходимого осевого зазора.

Верхняя и нижняя полуобоймы стягиваются между собой и крепятся болтами *19* к поворотной платформе.

Кроме того, нижняя и верхняя полуобоймы стягиваются между собой восемью монтажными болтами, которые обеспечивают соединение обойм опоры, снятой с экскаватора.

Зубчатый венец *23* крепится к опоре *20* ходовой рамы болтами *24*.

На нижней полуобойме диаметрально расположены четыре масленки, через которые производится смазка внутренней полости ОПУ, образуемой дорожками качения и зазорами между смежными поверхностями полуобойм и венца.

Зубчатое зацепление опорно-поворотного устройства смазывается лопаточкой через отверстие в ходовой верхней раме. Смазку во внутренние полости опоры добавляют через пресс-масленки, периодически поворачивая на 30–45° вращающееся кольцо относительно венца и обеспечивая ее равномерное распределение по всей окружности. Во внутреннюю полость опоры подают не менее 0,6 кг смазки.

Для предотвращения вытекания смазки между венцом и полуобоймами установлены манжеты *26* и *32*, изготовленные каждая из одного отрезка профилированного резинового шнура, концы которого скреплены друг с другом.

Зубчатый венец *23* относительно ходовой рамы устанавливается по метке «Л» так, чтобы она располагалась сбоку.

Верхняя *27* и нижняя *29* полуобоймы относительно поворотной рамы устанавливаются также по метке «Л» так, чтобы она располагалась сбоку.

На ОПУ, установленном на гусеничном ходу, через отверстия болтами *19* (рис. 2) закрепляется **платформа поворотная**. Платформа поворотная служит базой для размещения механизмов и рабочего оборудования и представляет собой сварную металлоконструкцию. На передней части поворотной платформы имеются специальные щеки, на которые монтируется рабочее оборудование.

На поворотной платформе смонтированы: кабина машиниста, установка силовая, механизм поворота, бак масляный, бак топливный, гидроразводка силовая, гидроразводка управления, электрооборудование.

Все механизмы и агрегаты, расположенные на поворотной платформе, закрыты капотами. К задней части поворотной платформы крепится противовес.

Установка силовая, предназначенная для привода всех механизмов экскаватора и рабочего оборудования, может быть оборудована дизельным двигателем Д-245 с электростартерным запуском дизеля из кабины машиниста или дизельным двигателем Д-245Л с пусковым двигателем. Запуск пускового двигателя осуществляется электростартером из кабины машиниста или, в случае неисправности стартера или аккумуляторной батареи, ручным способом с помощью пускового шнура, для чего необходимо предварительно снять стартер и кожух маховика пускового двигателя.

Двигатель устанавливается на поворотной платформе на опорах с резиновыми амортизаторами. На переднем конце коленчатого вала установлен шкив клиноременной передачи, от которого вращается вентилятор водяного радиатора и генератор.

К картеру маховика двигателя крепится корпус муфты сцепления, а к ней – насосный агрегат.

Муфта сцепления (рис. 9) предназначена для передачи крутящего момента от двигателя к насосному агрегату, отсоединения двигателя от насосного агрегата, а также плавного и безударного их соединения. На экскаваторе установлена сухая однодисковая муфта сцепления постоянно-замкнутого типа. Сцепление устанавливается на маховике двигателя. Детали, воспринимающие крутящий момент от маховика, относятся к ведущим частям сцепления, а детали, передающие момент на вал *26*, – к ведомым. Нажимной диск *4* установлен с помощью трех призматических выступов в пазах опорного диска *7*. Опорный диск крепится к маховику при помощи пальцев *20*, дистанционных втулок *21* и корончатых гаек. Двенадцать нажимных пружин *3* со стаканами *2* расположены между опорным и нажимным дисками.

На призматических выступах нажимного диска с помощью осей *22* устанавливаются отжимные рычаги *15*. Регулировка положения отжимных рычагов производится регулировочными винтами *24*, ввернутыми в отжимные рычаги и упирающимися в опорные штифты *6*. Рычаги прижимаются к опорным штифтам специальными пружинами *14*.

Ведомый диск *6* состоит из ступицы *9*, имеющей шлицы для подвижного соединения с силовым валом *26*, демпфера *13* – гасителя крутильных колебаний, диска с двумя прикрепленными к нему фрикционными накладками *5*. Одна накладка прикреплена непосредственно к диску с помощью заклепок *17*, вторая – со стороны нажимного диска через шесть пружинных пластин *18* заклепками *17*. Такая конструкция ведомого диска обладает осевой податливостью и повышает плавность включения сцепления.

Крутящий момент двигателя передается от ведомого диска с накладками к ступице *9* через восемь упругих демпферов *13*. Для отключения муфты сцепления служит эксцентриковый механизм *28*, смонтированный на корпусе *19*.

При повороте отжимного рычага *15* отводка *11*, перемещаясь по кронштейну *10* отводки, через нажимной подшипник *8* нажимает рычаги *15*. Отжимные рычаги, упираясь регулировочными винтами в опорные штифты, поворачиваются и отводят нажимной диск *4* от ведомого *6* – муфта сцепления выключается.

При возврате рычага в исходное положение происходит включение муфты сцепления.

Установка предпускового подогрева двигателя предназначена для облегчения запуска двигателя при отрицательной температуре (–40°С) окружающего воздуха путем разогрева охлаждающей жидкости в системе охлаждения и масла в картере дизеля за счет сгорания бензина в котле предпускового подогревателя ПЖБ-200В.

Поворот платформы осуществляется низкомоментным аксиально-поршневым гидромотором с планетарным редуктором (рис. 10), увеличивающим крутящий момент и уменьшающим частоту вращения поворотной платформы.

На выходном валу гидромотора *39* установлено колесо зубчатое *1* (или колесо солнечное *1а*), находящееся в зацеплении с водилом *2*, которое находится в зацеплении с водилом *3*, водило *3* жестко соединено с валом *7*, установленным на подшипниках *38*.

На конце вала *7* установлена шестерня *19*, которая, обкатываясь по внутреннему зубчатому венцу ОПУ, установленному на ходовой раме экскаватора, поворачивает платформу относительно гусеничного хода машины. Для смазки подшипников и зацеплений предусмотрено заливное отверстие, закрытое пробкой *15*.

Для слива отработанного масла предусмотрено отверстие с пробкой *14*. Сроки замены и марки масла указаны в инструкции по техническому обслуживанию экскаватора ЭО-3223.

Стопор поворотной платформы (рис. 11) предназначен для предотвращения вращения поворотной платформы относительно гусеничного хода во время транспортировки экскаватора на полуприцепе-тяжеловозе или железнодорожной платформе, при перегонах экскаватора и как стояночный тормоз.

Рабочее оборудование экскаватора

С целью расширения области применения экскаватора ЭО-3223 конструкция экскаватора предусматривает возможность использования различных видов рабочего оборудования, в том числе:

– оборудования обратная лопата со сменными рабочими органами;

– мелиоративной лопаты со сменными органами;

– грейфера со сменными органами.

Рабочее оборудование обратная лопата. Обратная лопата – один из основных видов рабочего оборудования экскаватора, предназначенный для выполнения широкого круга землеройных, погрузочных и других работ.

В оборудование обратная лопата входит: стрела I (рис. 15), гидроцилиндр *11* стрелы, гидроцилиндр *12* рукояти, гидроцилиндр *10* ковша; рычаг *3* и тяги *4*, трубопроводы *5, 6, 7, 8,* связывающие гидроцилиндры с гидросистемой экскаватора, сменные рабочие органы − рукоять *2* и ковш *9*.

Стрела *1* и рукоять *2* представляют собой сварные металлоконструкции коробчатого сечения. Поворот стрелы, рукояти и ковша осуществляется соответствующими гидроцилиндрами. Составные части обратной лопаты шарнирно соединены пальцами, которые выполнены с приварными стопорными планками или отверстиями под стопор против проворачивания в процессе работы.

В гнездах копающих ковшей установлены зубья из износостойкого материала.

Рабочее оборудование удлиненная обратная лопата. Экскаватор, оборудованный удлиненной обратной лопатой, предназначен для ремонта и очистки находящихся в эксплуатации каналов мелиоративных систем от наносов и растительности с одновременной планировкой дна и откосов на слабых грунтах с малой несущей способностью (заболоченных местах, сильно переувлажненных грунтах и т.п.).

Для обеспечения при работе лучшей устойчивости экскаватора с мелиоративной лопатой устанавливается противовес.

Техническое обслуживание экскаватора

Техническое обслуживание представляет собой комплекс технических мероприятий, направленных на создание наиболее благоприятных условий работы деталей и сопряжений экскаватора, своевременное предупреждение появления неисправностей и выявление дефектов. Техническое обслуживание способствует увеличению межремонтных периодов и общего срока службы машины, сокращению простоев из-за технической неисправности, а следовательно, повышению производительности экскаватора.

В состав работ по техническому обслуживанию входят: очистка, мойка, смазка экскаватора, осмотр и контроль технического состояния сборочных единиц, агрегатов, механизмов, приборов, рабочего оборудования и машин в целом; проверка крепления деталей и частей; регулировка сборочных единиц и агрегатов, заправка машины, опробование действий отдельных сборочных единиц, рабочего оборудования и машины в целом.

При эксплуатации в зависимости от назначения, периодичности, перечня и трудоемкости выполняемых работ установлены следующие виды технического обслуживания:

а) ежесменное техническое обслуживание (ЕО).

Выполняется перед началом, в течение или после рабочей смены.

Выполнение ЕО является обязательным и специально не планируется;

б) плановое (периодическое) техническое обслуживание (ТО).

Выполняется в плановом порядке в соответствии с нижеследующей диаграммой:

ТО-1 – техническое обслуживание № 1, проводимое через каждые 125 моточасов работы двигателя;

ТО-2 – техническое обслуживание № 2, проводимое через каждые 500 моточасов работы двигателя;

ТО-3 – техническое обслуживание № 3, проводимое одновременно с текущим ремонтом через каждые 1000 моточасов работы двигателя;

в) сезонное техническое обслуживание (СО).

Выполняется два раза в год при подготовке экскаватора к эксплуатации в период последующего сезона (летнего или зимнего).

Техническое обслуживание двигателя проводится в объеме в сроки, описанные в вышеуказанной документации для двигателя.

Эксплуатация экскаватора, не прошедшего ТО в установленные сроки, не разрешается.

Не допускается также сокращение объемов работ по ТО.

Изучение технической характеристики, кинематической схемы, устройства и работы механизмов, устройства, работы и регулировок узлов гидравлической системы экскаватора ЭО-33322Д

Назначение экскаватора

Одноковшовый экскаватор на пневмоколесном ходу с гидравлическим приводом модели ЭО-3322Д (плакат 1) предназначен для выполнения различных земляных работ в грунтах I...IV категорий в интервале температур окружающего воздуха от – 40°С до + 40°С.

Экскаватор, оборудованный обратной лопатой, используется для разработки траншей и котлованов под фундамент зданий и сооружений, и инженерных сетей, на мелиоративных работах, на строительстве дорог, а также на погрузке-выгрузке сыпучих и мелкодробленых скальных материалов выше IV категории с размерами фракций не более 200 мм.

Оборудованный грейфером экскаватор производит разработку котлованов, ям, колодцев в грунтах I...III категорий, а также используется на погрузо-разгрузочных работах.

Оборудованный погрузчиком, экскаватор производит разработку грунта I...III категорий на уровне или выше уровня стоянки, планирует поверхности и используется на погрузке материалов, в том числе мелкодробленых скальных пород с размером фракций не более 200 мм.

Основным видом рабочего оборудования является обратная лопата с ковшом емкостью 0,5 м3. За отдельную плату поставляются ковш обратной лопаты емкостью 0,4 м^3 для работы на увеличенном вылете стрелы, оборудование грейфера емкостью 0,5 м3, оборудование погрузчика с ковшами емкостью 0,5 или 0,8 м3.

Устройство и работа экскаватора

Экскаватор (плакат 1) состоит из трех основных частей: поворотной платформы с механизмами *12,* пневмоколесного хода *14* с откидными опорами *13,* рабочего оборудования обратной лопаты: ковш *2* с гидроцилиндром *5*, рукоять *4,* верхняя часть стрелы с гидроцилиндром *5* рукояти, нижняя часть стрелы *8* с гидроцилиндрами *9.*

Все рабочие операции экскаватора и его передвижение выполняются с помощью гидравлического привода. От дизеля *3* (плакат 6) вращается сдвоенный насос *2* (223.25), подающий рабочую жидкость под давлением к гидроцилиндрам рабочего оборудования и гидромоторам *5* и *15* механизмов поворота и хода. Рабочими операциями экскаватора управляют при перемещении соответствующих золотников двух блоков *12* гидрораспределителей. В гидросистеме предусмотрены клапанные блоки *13* и *14,* которые служат для плавного пуска и остановки механизмов и их предохранения от чрезмерных нагрузок. Механизм поворота приводится в действие от низкомоментного гидромотора *5*, который передает вращение через двухступенчатый редуктор *19* обегающей шестерне *16,* находящейся в постоянном зацеплении с зубчатым венцом *17.* Для привода механизма хода установлен низкомоментный гидромотор *15,* который через двухскоростную коробку передач *20* передает движение переднему *11* и заднему 9 мостам ходового устройства. Первую или вторую скорости хода включают с помощью зубчатой муфты *23.* Механизм хода оборудован стояночным тормозом *10.* Рабочая жидкость подается к гидромотору *15* и обратно отводится в бак через центральный коллектор *21.* Необходимое количество рабочей жидкости для системы гидропривода заливают в бак *1.*

Поворотная платформа. На поворотной платформе (плакат 6) смонтированы силовая установка *3* с приводом гидронасосов *2,* механизм поворота *5*, кабина машиниста, бак рабочей жидкости *1* гидрораспределителя *12,* электрооборудование, пневмооборудование, гидроцилиндры стрелы, стрела, противовес, топливный бак. Поворотная платформа опирается на раму пневмоколесного хода через роликовый опорноповоротный круг *8.*

В проушинах поворотной платформы крепятся нижняя часть стрелы с двумя гидроцилиндрами, используемыми как при оборудовании экскаватора обратной лопатой, так и грейферным и погрузочным оборудованием.

Поворотная платформа выполнена сварной и состоит из продольных и поперечных балок, литой опоры, правого и левого настилов.

Механизм поворота (плакат 10). Привод его осуществлен от низкомоментного гидромотора *10,* который вместе с двухступенчатым шестеренным редуктором *19* составляет единый агрегат. Вал *15* гидромотора соединен муфтой *14* с первичным валом-шестерней *23* редуктора. На промежуточном валу-шестерне *6* жестко закреплена с помощью шлицевого соединения шестерня 5. Две цилиндрические шестерни *31* и *25* также с помощью шлицев соединены с поворотным валом *29.*

Для смазывания шестерен и опорных подшипников валов редуктора внутрь корпуса *24* заливают масло, уровень которого определяют по рискам на линейке *10.* Нижний опорный подшипник поворотного вала *28* смазывают, подавая густую смазку через масленку.

Рабочую жидкость подводят через штуцера на верхней части гидромотора. Подача жидкости под давлением через тот или другой штуцер приводит к вращению вала гидромотора и соответственно всей поворотной части машины в ту или другую сторону. При установке золотника гидрораспределителя в нейтральное положение полости гидромотора заперты и механизм поворота находится в заторможенном положении.

Ходовое устройство экскаватора (плакат 17) состоит из сварной рамы *10,* опирающейся на два ведущих моста *39* и *40.*

Ходовая рама имеет выносные опоры *41,* для установки которых изготовлена поперечная балка *42* из гнутых листов. К раме жестко прикреплена коробка передач *43,* приводимая во вращение низкомоментным гидромотором. На верхней плоскости рамы *10* закреплены роликовый опорно-поворотный круг *44* и центральный коллектор *45.*

Выходной вал коробки передач одним концом через муфту включения переднего моста и зубчатую муфту соединен с передним мостом *39,* другим концом через зубчатые муфты и промежуточный вал – с задним мостом *40.* Справа на лонжероне рамы расположен гидроцилиндр управления поворотом передних колес, связанный тягами и рычагами со ступицей правого колеса. Правое колесо связано с левым поперечной рулевой тягой.

Задний ведущий мост крепят на раме *10* жестко. Он опирается на 4 колеса. Передний мост включается рычагом на пульте управления и только в том случае, если для передвижения недостаточно одного заднего моста. При передвижении по хорошей дороге передний мост выключают.

Коробка передач (плакат 21) служит для передачи движения от гидромотора *25* привода механизма хода к переднему и заднему мостам экскаватора, а также для изменения скорости передвижения машины в зависимости от дорожных условий. Все элементы зубчатых передач заключены в стальной корпус *51,* имеющий отверстия для крепления коробки пальцами на поперечной балке ходовой рамы.

При соединении подвижной зубчатой полумуфты *36* с шестерней *33* получают первую (пониженную) скорость передвижения экскаватора. В передаче вращения от вала гидромотора при этом участвуют шестерни и валы-шестерни *23...21, 20...33, 41....5.*

Если соединить зубчатую полумуфту *36* с шестерней *37*, то будет получена вторая (повышенная) скорость передвижения машины. Крутящий момент к мостам экскаватора будет передаваться через передачи *23...21...37* и *41...5.* Первую скорость обычно используют при перемещении в забое, вторую – при движении по дорогам.

Движение к заднему мосту передается от вала 7 зубчатой полумуфтой *6*, компенсирующей возможную несоосность валов. Передача движения переднему мосту осуществляется через зубчатую полумуф-ту *48* введением ее в зацепление валиком *54* и вилкой *1* с полумуфтой *43.*

Включается передний мост одновременно с включением первой скорости только при движении по бездорожью. Включение переднего моста производится из кабины машиниста поворотом рычага крана и подачей воздуха в тормозную камеру, которая через валик *54* и вилку *1* вводит в зацепление полумуфту *48* с полумуфтой *43*. При включении второй скорости передний мост отключается.

Стояночный тормоз *16* (плакат 21) постоянно замкнутый, управляемый из кабины машиниста с помощью сжатого воздуха, крепится к корпусу коробки перемены передач. Он устроен следующим образом: на шлицевом конце вала *32* находится корпус *16,* внутри которого на оси *12* установлены тормозные колодки *15* с накладками. Ось *12* прикреплена к корпусу коробки *51*. При подаче сжатого воздуха в камеру *19* (плакат 17) шток *25,* который соединен тягой *24* с рычагом *17* (плакат 21), и поворотный кулак, поворачиваясь, раздвигают тормозные колодки *15* с накладками к корпусу *16*. Корпус останавливается, а, следовательно, и вал *32*.

При передвижении пользоваться стояночным тормозом нельзя, так как это приведет к быстрому износу колодок. Включать тормоз следует только на стоянках и при перевозке экскаватора на железнодорожной платформе. После запуска двигателя, прежде чем включить рычаг передвижения, необходимо подать сжатый воздух в камеру стояночного тормоза, переведя рычаг включения в вертикальное положение для оттормаживания стояночного тормоза. Нормальный зазор между колодками *15* и шкивом *16* должен составлять 0,5...1 мм. Регулировку этого зазора при износе колодок следует проводить свертыванием вилки *24* со штоком *25* (плакат 17). После регулировки зазора вилку *24* следует законтрить контргайкой *24а*.

Для повышения поперечной устойчивости на экскаваторе установлены управляемые стабилизаторы *17* (плакат 17), исключающие поперечное качание переднего моста. Нижний конец зубчатой рейки *31* пальцем *34* шарнирно закреплен на картере переднего моста *39*. Верхняя часть рейки свободно проходит в отверстие корпуса стабилизатора и при качании моста перемещается в нем в вертикальном направлении. На корпусе стабилизатора закреплена тормозная камера *16,* которая при подаче в нее воздуха через шток *38,* вилку *37* и эксцентрик *36* воздействует на плунжер *35,* прижимая его зубцы к зубцам рейки и фиксируя таким образом мост в неподвижном положении. При прекращении подачи воздуха (растормаживании колес) шток *38* камеры *16* поворачивает эксцентрик *36,* освобождает плунжер *35* и пружины оттягивают его от рейки.

Включение стабилизаторов в транспортном положении экскаватора (в случае торможения) может вызвать зависание колес, занос машины и аварию. Поэтому при передвижении экскаватора необходимо перекрыть доступ воздуха к тормозным камерам *16* стабилизаторов, пользуясь для этой цели специально установленным воздушным краном.

Рулевое управление экскаватора требует применения отдельной гидросистемы. Все элементы гидравлической системы, используемой для управления поворотом передних колес (плакат 19), расположены на поворотной платформе, за исключением гидроцилиндра *54,* который установлен на ходовой тележке. Давление в гидравлической системе – 4 МПа. Оно создается шестеренным насосом *50,* который нагнетает жидкость, поступающую из бака *49* к гидрораспределителю *52*.

Корпус *63* золотникового гидрораспределителя жестко крепят к штоку *36* сдвоенного гидроцилиндра *39,* а его золотник *62* тягой *66* шарнирно соединен с сошкой *3* рулевого механизма *8*. Полости гидроцилиндра *39* соединены трубопроводами III и IV с полостями гидроцилиндра *54*. Центральный коллектор 53 связывает элементы гидравлической и пневматической систем управления, расположенные на поворотной платформе и ходовой тележке.

При вращении рулевого колеса *16* поворачиваются жестко закрепленная на валу шестерня *5*, зубчатый сектор *4* и сошка *3*. Перемещаясь в горизонтальной плоскости, сошка *3* сообщает через тягу *66* поступательное движение золотнику *62* гидрораспределителя.

Картер рулевого механизма *7* закреплен болтами на настиле кабины машиниста. Верхний подшипник *12* рулевого вала *14,* выполненный в виде конической втулки, служит одно-

временно постоянно действующим тормозом, который препятствует самопроизвольному включению системы управления и обеспечивает экскаватору сохранение выбранного курса в случае, если машинист отпустит рулевое колесо *16*.

Сдвоенный гидроцилиндр *39* имеет четыре полости, две из которых (*А*) соединены через золотник гидрораспределителя с баком или насосом, а две другие (*Б* и *В*) – через центральный коллектор *53* с полостями исполнительного гидроцилиндра *54*.

Гидрораспределитель имеет сложную конструкцию. Его золотник *62* занимает три положения: два рабочих и среднее нейтральное. В нейтральном положении золотника напорная и сливная гидролинии сообщены между собой и две средние полости сдвоенного гидроцилиндра соединены. При этом насос работает на слив, а давление в гидросистеме управления колесами равно атмосферному. Рабочий ход золотника равен всего 2 мм.

Напорный гидроклапан *51* служит для поддержания рабочего давления в пределах 3...4 МПа. Он состоит из регулировочного винта *19,* гайки *18,* пружины *20* и плунжера *21*.

При давлении, превышающем настройку пружины *20,* плунжер клапана, преодолевая сопротивление пружины, поднимается вверх и тем самым жидкость направляется на слив в бак. Для соединения крайних полостей сдвоенного гидроцилиндра предназначены обратные клапаны *30,* которые включают при регулировке управления, при заливке рабочей жидкости в систему управления, а также для прокачки системы в случае попадания в нее воздуха.

Обратный гидроклапан состоит из пружины, шарика *29,* кольца *28* и гайки *27*. Жидкость под давлением поступает к обратному клапану от гидрораспределителя, а затем в полость *А* сдвоенного гидроцилиндра, так как давление масла недостаточно для преодоления жесткости пружины клапана.

Система рулевого управления работает следующим образом. Когда рулевое колесо *16* неподвижно, золотник гидрораспределителя *52* находится в нейтральном положении. Насос *50* подает рабочую жидкость через открытый гидрораспределитель в бак *49*. При повороте рулевого колеса *16* золотник гидрораспределителя *52* перемещается из нейтрального положения в рабочее. Насос нагнетает рабочую жидкость в ту полость сдвоенного гидроцилиндра *39,* которая в результате перемещения золотника оказалась соединенной с напорной гидролинией.

По мере поступления жидкости, например, в полость *А*, и по мере продвижения поршня под давлением жидкости влево масло из полости *В* будет поступать по трубопроводу *III* в полость B_1 исполнительного гидроцилиндра *54*, поршень которого, перемещаясь, будет увлекать тяги рулевого управления, поворачивая колеса экскаватора.

Вытесняемая под воздействием поршня жидкость из полости *Б* исполнительного гидроцилиндра *54* будет поступать в освобождающийся объем полости *Б* сдвоенного гидроцилиндра *39*. Таким образом, продвигаясь влево, корпус золотника вновь встанет в нейтральное положение, открыв путь жидкости от насоса на слив в бак. Следовательно, повороту рулевого колеса на некоторый угол соответствует определенный ход штока исполнительного гидроцилиндра.

Применение гидравлического привода с обратной гидравлической связью дает возможность легко управлять колесами ходовой тележки не только при передвижении по дорогам, но и в условиях бездорожья и в забое.

Весь цикл работы гидропривода складывается из следующих операций. Рулевой механизм включает гидрораспределитель. Гидрораспределитель направляет поток жидкости в одну из полостей исполнительного гидроцилиндра *54*. Вытесняемая из другой полости жидкость сдвоенного гидроцилиндра *39* перетекает в одну из полостей исполнительного гидроцилиндра *54*. Вытесненная жидкость из сокращающейся полости гидроцилиндра *54* поступает к сдвоенному гидроцилиндру *39* и возвращает золотник в нейтральное положение.

Непрерывный поворот рулевого колеса сопровождается плавным поворотом управляемых колес. При упоре колес в препятствие и их вынужденном повороте движение поршня гидроцилиндра *54* передается через замкнутые системы циркуляции штоку сдвоенного гид-

роцилиндра *39* и вызывает смещение корпуса *63* гидрораспределителя относительно неподвижного золотника. Масло начинает поступать от насоса в ту полость сдвоенного гидроцилиндра *39,* с которой поступил сигнал, и колеса возвращаются в первоначальное положение, а корпус гидрораспределителя, следуя за штоком сдвоенного гидроцилндра *39,* занимает нейтральное положение относительно золотника.

Система пневматического управления (плакат 16) предназначена для управления тормозами колес ходовой тележки, а также для включения переднего моста и некоторых других узлов на экскаваторе.

Воздух из атмосферы через всасывающий фильтр поступает в одноступенчатый двухцилиндровый компрессор *4*, приводимый в движение клиноременной передачей от вала дизеля. Сжатый поршнями воздух вытесняется в пневмосистему через расположенные в головке цилиндров компрессора самодействующие пластинчатые клапаны. Блок и головка компрессора охлаждаются жидкостью, подводимой из системы охлаждения двигателя. В блоке цилиндров компрессора расположено разгрузочное устройство, работающее от регулятора *3* давления.

При достижении в пневмосистеме давления воздуха 0,75...0,77 МПа срабатывает регулятор *3,* и воздух, поступая в разгрузочный канал, воздействует на плунжеры, которые открывают спускные клапаны цилиндров компрессора. При этом цилиндры сообщаются между собой, в результате чего воздух свободно переходит из цилиндра в цилиндр и компрессор начинает работать вхолостую.

Когда давление в пневмосистеме снизится до 0,68...0,72 МПа, снова срабатывает регулятор *3,* выпуская воздух из-под плунжеров в атмосферу. Под действием пружины плунжеры опускаются, освобождая впускные клапаны, и компрессор начинает нагнетать воздух в ресивер *8,* который крепят к балке поворотной платформы. Ресивер *8* представляет собой воздушный баллон, заимствованный с автомобиля МАЗ-200. На ресивере *8* установлен кран *6* отбора воздуха и предохранительный клапан *7*, отрегулированный на давление 0,8 МПа. Клапан *7* служит для предохранения пневмосистемы от повышения давления воздуха в случае неисправности регулятора *3.*

Из ресивера *8* воздух поступает к коллектору *14* и кнопке *16* воздушного сигнала *17.* От коллектора *14* воздух по трубкам также подходит к регулирующему пневмоаппарату *18,* кранам *9* отключения пневмокамер *21...30,* а также к крану *12* стеклоочистителя. Давление в системе пневмоуправления контролируют по манометру *10.*

Для передачи сжатого воздуха с поворотной платформы на ходовую тележку установлен центральный коллектор *20.* При включении регулирующего пневмоаппарата *18* и крановых пневмоаппаратов *12, 9, 26* приводятся в действие те или другие потребители сжатого воздуха: стеклоочиститель, пневмокамеры *21, 27* тормозов колес, пневмокамеры *28, 29, 30* переключения скоростей хода, включения стояночного тормоза, переднего моста и пневмокамеры *25* стабилизаторов. Сливные краны *6* и *7* служат для спуска конденсата из ресиверов *8.*

Опорно-поворотное устройство (плакат 11) предназначено для передачи нагрузки от поворотной платформы к раме ходового устройства экскаватора и дает возможность поворотной платформе свободно вращаться относительно ходового устройства. На универсальных полноповоротных экскаваторах ранее применяли опорно-поворотные устройства двух типов: многороликовое и малороликовое. На современных отечественных экскаваторах устанавливают унифицированные роликовые опорно-поворотные круги (плакат 11). Ролики *6* расположены между кольцами *5, 7* и *8,* причем соседние ролики имеют взаимно перпендикулярные оси, которые наклонены к вертикали под углом 60 или 30°. Кольцо *5* обычно крепят болтами к ходовой части экскаватора, а кольца *7* и *8,* скрепленные между собой болтами *23,* – к поворотной, где расположен механизм поворота платформы. При эксплуатации нужно следить за затяжкой этих болтов.

Ролики, катящиеся по дорожкам *В*, воспринимают направленные вниз нагрузки; ролики, которые катятся по дорожкам *Г*, работают как захватные, передавая усилия от кольца *8* к кольцу *5* и удерживая поворотную платформу от опрокидывания. Ролики смазываются через специальные масленки *2* в кольце *7*. Роликовые круги воспринимают горизонтальные усилия, сдвигающие поворотную платформу относительно ходовой части, поэтому нет необходимости в центральной цапфе. Независимо от типа опорно-поворотного устройства применяют зубчатый венец с наружными или внутренними зубьями, находящийся в постоянном зацеплении с шестерней механизма поворота.

Трубка для подключения шланга расположена внизу передней части ходовой рамы и заглушена гайкой с шариком. Тормозная система тягача соединена через гибкий шланг и трубопроводы с верхней полостью воздухораспределительной камеры *23*. Средняя полость камеры *23* соединена с ресивером *8*, установленным на ходовой раме, а нижняя полость через трубопроводы и перекидной клапан *22* и *24* – с пневмокамерами *21* и *27* тормозов колес.

Воздух из тормозной системы тягача поступает в верхнюю полость камеры *23*, отжимая края манжеты *8* (плакат 17), и через среднюю полость камеры заполняет ресивер, создавая в нем рабочее давление 0,48...0,53 МПа. При нажатии на тормозную педаль тягача давление в пневмолинии, соединяющей тягач и экскаватор, и, следовательно, в верхней полости камеры падает и шток *46* благодаря подпору из средней полости, соединенной с ресивером, поднимается вверх, открывая впускной клапан *6* и закрывая выпускной клапан. При этом сжатый воздух из ресивера через нижнюю полость камеры и перекидной клапан поступает к пневмокамерам тормозов колес. В результате происходит торможение экскаватора. Если не нажимать на тормозную педаль тягача, то давление воздуха в подводящей пневмолинии и в верхней полости камеры возрастает до нормального значения. Но так как часть воздуха из ресивера израсходована, то давление в средней полости камеры будет ниже, чем в верхней полости. Вследствие этого шток *46* перемещается вниз, закрывая впускной клапан *6* между средней и нижней полостями и открывает выпускной клапан *3*, соединяющий нижнюю полость и тормозные пневмокамеры с атмосферой. Происходит операция расторможения колес экскаватора и поступление воздуха в ресивер с повышенным давлением до номинальной величины.

При обрыве шланга давление в верхней полости камеры падает и колеса экскаватора затормаживаются. Для растормаживания в этом случае открывают крановый пневмоаппарат *22* (плакат 16) ресивера *8* и выпускают из него воздух, после чего аппарат *22* закрывают.

Аксиально-поршневые регулируемые и нерегулируемые насосы и гидромоторы отличаются унифицированной конструкцией качающего узла (плакат 14). Опорами ведущего вала *31* служат три шарикоподшипника: два радиально-упорных *39* и один радиальный *37*. От осевого перемещения внутренние кольца подшипников удерживаются двумя пружинными кольцами *26*, втулкой *27* и запорным кольцом *29*. В передней крышке *30* установлено манжетное уплотнение *35*, опирающееся на втулку *33*. В сферические гнезда фланца вала *31* входят семь шатунов *42*, которые вместе с центральным шипом *43* прижаты к фланцу вала штампованной пластиной *40*. На шипе *43* с помощью штифта *49* зафиксирован блок *44* цилиндров, наружная поверхность которого опирается на распределительный диск *45*.

Опорами шипа *43* служат, с одной стороны, сферическая головка, а с другой – бронзовая втулка *44а*, запрессованная в диск *45*. Внутри блока цилиндра находятся семь поршней *41*, завальцованных на шатунах *42*. Предварительное прижатие блока цилиндров к диску *45* достигается тарельчатыми пружинами. Когда ось вала *31* совпадает с осью шипа *43*, то при вращении вала поршни не совершают возвратно-поступательного движения и не производят всасывания и нагнетания рабочей жидкости.

Рассмотрим конструкции нерегулируемого и регулируемых одинарного и сдвоенного насосов, выполненных на базе описанного качающего узла. У нерегулируемого насоса блок *44* цилиндров повернут так, что ось шипа *43* составляет некоторый угол с осью вала *31*. Поэтому при вращении блока поршня *41* всасывают и нагнетают жидкость через каналы диска

45. При изменении величины и направления, наклона блока *44* цилиндров изменяются величина и направление потока рабочей жидкости. Если зафиксировать угол наклона блока *44* цилиндров, то насос становится нерегулируемым. Описанная конструкция позволяет насосу работать и в режиме гидромотора.

В регулируемом насосе создана возможность изменения наклона блока в процессе работы. Регулируемый аксиально-поршневой насос 223.25 включает в себя поворотный корпус *5*, который может быть повернут с помощью цапфы *12* по отношению корпуса *3* на угол от 0 до 25°. Количество подаваемой жидкости при этом пропорционально углу наклона блока *5* цилиндров и числу оборотов вала *4* насоса. При такой конструкции достигается бесступенчатое регулирование независимо от частоты вращения приводного двигателя.

Усилие, которое необходимо приложить к цапфе *12*, может быть такой величины, что непосредственное управление подачей насоса без применения усиливающих устройств становится невозможным. При высоком рабочем давлении жидкости насосы выпускают с усилителями механического и гидравлического типов. Механические усилители могут быть как с ручным, так и с электрическим управлением. Гидравлические усилители оборудуют непосредственным или дистанционным управлением. Применяют также устройства, автоматически изменяющие угол наклона блока цилиндров в зависимости от давления в гидросистеме (регуляторы постоянной мощности или ограничители мощности).

На экскаваторах ЭО-3322Д и ЭО-4121А установлены сдвоенные аксиально-поршневые насосы, которые состоят из двух унифицированных качающих узлов, смонтированных в одном корпусе. Сдвоенные насосы 223.25 используют тогда, когда нужно создать два потока рабочей жидкости. Полное использование мощности приводного двигателя обеспечивается с помощью встроенного сумматора мощности *8*, который распределяет мощность между потребителями таким образом, что сумма их мощностей остается постоянной и равной установленной мощности привода. Вал *25* сдвоенного насоса получает вращение от приводного двигателя и через встроенный в насос редуктор *17* передает движение валам качающих узлов.

Поворотные корпуса *5* качающих узлов сдвоенного насоса установлены на подшипниках и могут поворачиваться вокруг вертикальной оси на угол 25°, чем и достигается изменение подачи насоса. Оба поворотных корпуса жестко связаны траверсой *14* регулятора и могут поворачиваться только синхронно под воздействием регулятора мощности.

Регулятор мощности представляет собой золотник *10*, помещенный непосредственно в корпусе сдвоенного насоса. Золотник *10* соединен цапфами *12* с блоками цилиндров и воспринимает с одной стороны усилия пружин *13*, а с другой – усилие, создаваемое давлениями P_1 и P_2, Ступени золотника *10* регулятора имеют равные площади. Под каждую ступень подводится давление нагнетания от качающих узлов, т.е. P_1 и P_2. При работе с малым давлением пружины *13* регулятора удерживают поворотные корпуса *47* и *48* на наибольшем угле поворота, обеспечивая максимальную подачу насоса. Когда давление возрастает, двухступенчатый золотник *10* сжимает пружины *13*, снижая подачу насоса. Пружины регулятора *13* и упорную шайбу *16* подбирают таким образом, чтобы сохранить постоянной заданную мощность привода.

К преимуществам аксиально-поршневых насосов и гидромоторов относятся компактность, высокий КПД при большом давлении, сравнительно малая инертность, значительная энергоемкость на единицу массы (в некоторых высокооборотных конструкциях до 12 кВт/кг).

Недостатками этих насосов и гидромоторов являются необходимость в тонкой фильтрации рабочей жидкости, сложность изготовления и трудность обеспечения длительного срока службы некоторых деталей.

Центральный коллектор *4* (плакат 11) предназначен для передачи рабочей жидкости (для привода гидромотора механизмов передвижения, гидроцилиндра выносных опор и поворота колес), а также сжатого воздуха (для управления тормозами, стабилизаторами и ко-

робкой передач пневмоколесных экскаваторов) с поворотной части к ходовому устройству. Его крепят болтами *17* к раме ходового устройства экскаватора. В неподвижную гильзу *16* вварены штуцера *15,* от которых трубопроводы *3* идут к гидромотору передвижения и к гидроцилиндру выносных опор. В гильзе *16* свободно вращается колонка *12,* которая поворачивается вместе с поворотной платформой. В верхнюю часть колонки *12* ввернуты штуцера *18,* которые при любом положении колонки *12* относительно гильзы *16* сообщаются через каналы и кольцевые проточки в колонке с соответствующим из штуцеров *15,* ввернутых в гильзу. В верхнюю втулку *10,* вращающуюся с поворотной платформой, ввернуты штуцера *21* и *22* пневмо- и гидроуправления. Против этих штуцеров расположены кольцевые проточки в цапфе *9,* которые через каналы, выполненные в цапфе *9,* и трубопроводы *19* сообщаются с соответствующими штуцерами *20,* расположенными на раме ходового устройства, от которых отводятся пневмопроводы к тормозам и другим узлам на ходовой части машины.

Цапфа *9,* расположенная выше и являющаяся внутренней частью конструкции, не вращается, так как удерживается трубой и нижним фланцем, прикрепленным к ходовой раме. Для разделения потоков в колонке *12* и цапфе *9* в специальных выточках размещены уплотнительные кольца *11* и 14. Там, где потоки жидкости находятся под большим давлением, кроме резиновых колец установлены фторопластовые кольца. Рабочая жидкость подводится к колонке *12* от гидрораспределителей.

Управление передними колесами экскаваторов

Управление передними колесами экскаваторов ЭО-3322Д гидравлическое – насосное (лист 6), и состоит из задающего, распределительного и согласующего устройств. Задающее устройство – вал 5 рулевого колеса 6.

Распределительное устройство представляет собой золотник 4, имеющий подвижное резьбовое соединение с валом 5 и жесткое соединение с ведомой шестерней 14. Таким образом, золотник 4 под действием рулевого колеса и шестерни 14 может совершать возвратно-поступательное движение вдоль вала 5. Пружина 15 предупреждает самопроизвольное опускание золотника 4.

В состав согласующего устройства входят аксиально-поршневой гидромотор 11 на валу которого с помощью шпонки закреплен эксцентрик 10 со свободно установленной (на двух шарикоподшипниках) на нем сателлитной шестерней 13. Сателлит 13 одновременно находится в постоянном зацеплении с шестерней 14 и шестерней 9, которая неподвижно соединена с корпусом рулевого устройства. Шестерни 9, 14, 13 образуют планетарный редуктор.

Работа рулевого управления. Рабочая жидкость (масло) подается насосом 1 в распределитель с золотником 4, который может находиться в одном из трех положений.

При нейтральном положении золотника 4 (экскаватор совершает прямолинейное движение) маслопроводы а и в соединяются между собой и рабочая жидкость поступает на слив.

При повороте рулевого колеса вправо золотник 4 поднимается вверх (по стрелке А). Проточка d' (в золотнике) соединяет между собой маслопроводы в и с, проточкаа – а и d. Масло от насоса нагнетается в поршневую полость исполнительного цилиндра 7. Шток цилиндра выдвигается, колеса поворачиваются вправо.

Рабочая жидкость, вытесняемая из шнековой полости цилиндра 7, через центральный коллектор 8 поступает в гидромотор 11, вал 12 которого начинает вращаться в сторону, противоположную повороту рулевого колеса. Сателлит 13, обегая по шестерне 9, вращает шестерню 14 и золотник 4 так, что он, свинчиваясь с вала 5, опускается до нейтрального положения. Из гидромотора отработавшая жидкость по маслопроводам с, в идет на слив в бак гидросистемы.

При повороте рулевого колеса влево золотник 4 опускается. Маслопровод а соединяется с каналом в', и масло по гидропроводу с устремляется в гидромотор 11. Вал 12 начинает вращение сателлита и шестерни 14 так, что золотник поднимается, пока не займет нейтраль-

ное положение. В свою очередь, масло, отработавшее в гидромоторе, по маслопроводу М, поступает в штоковую полость цилиндра 7, поворачивая колеса экскаватора влево. Из поршневой полости цилиндра 7 масло вытесняется и через каналы с', в поступает на слив.

Напорный золотник 2 служит для поддержания рабочего давления (5 МПа) в системе рулевого управления. При регулировке, чтобы получить это давление (двигатель должен работать), устанавливают колесо в любое крайнее положение. Отвернув регулировочный винт 3, устанавливают максимальные обороты двигателя. После этого постепенно заворачивают винт 3, давление контролируют по манометру, пока оно не достигает нормы.

При ТО проверяется крепление гидромотора 11, вал 12 не должен иметь люфта. Нагрузочный тормоз вала 5 должен быть затянут так, чтобы не было самопроизвольного вращения рулевого колеса во время движения экскаватора.

При буксировке экскаватора рукав N разъединяется в разъеме n и присоединяется к разъему m. Аналогично рукавом М соединяются между собой маслопроводы поршневой и штоковой полостей гидроцилиндра 7.

Гидравлические стабилизаторы. На экскаваторах ЭО-3322Б (В, Д) могут устанавливаться вместо механических гидравлические стабилизаторы. Каждый из них состоит из корпуса, внутри которого перемещается плунжер. Пружиной плунжер постоянно прижимается к горизонтальной площадке переднего моста экскаватора. Уплотнение плунжера в корпусе обеспечивается фторопластовыми и резиновыми кольцами. Грязесъемник закреплен в нижней части корпуса стопорным кольцом. Надплунжерные пространства обоих стабилизаторов заполнены маслом и при невключенном клапане сообщаются между собой, допуская тем самым поперечное качание переднего моста при движении экскаватора.

Перед началом работы в корпус клапана подается сжатый воздух, который перемещает золотник. В результате надплунжерное пространство стабилизаторов разобщается, и плунжеры неподвижно фиксируются относительно своих корпусов, обеспечивая жесткую связь переднего моста с ходовой рамой (каналы перекрываются золотником, стабилизаторы разобщены).

Изучение технической характеристики, кинематической схемы, устройства и работы механизмов, устройства, работы и регулировок узлов гидравлической системы экскаватора ЭО-3211Е

Назначение и технические данные

Универсальный полноповоротный экскаватор ЭО-3211Е на гусеничном ходу предназначается для разработки грунтов I…IV групп, а также для выполнения всевозможных земляных работ в условиях городского, сельского дорожного и мелиоративного строительства.

Техническая характеристика экскаватора

Вместимость ковша обратной лопаты, м^3……...0,4
Марка дизеля……...Д-65
Мощность дизеля, кВт……36,8
Управление……..Пневматическое
Проектная производительность для обратной лопаты, м^3/ч……...96
Длина стрелы драглайна, м……12 и 15
Продолжительность цикла, с……15
Масса экскаватора, т……12,7

Основное унифицированное рабочее оборудование экскаватора ЭО-3211Е с ковшом вместимостью 0,4 м^3 и шириной 0,94 м состоит из стрелы длиной 4,9 м, рукояти длиной 2,3

м. Путем перестановки этих элементов можно получить оборудование обратной или прямой лопаты. Оборудование прямой лопаты безнапорное с шарнирным креплением рукояти.

Кроме унифицированного оборудования экскаваторы имеют следующие виды сменного рабочего оборудования:

– драглайн с ковшом вместимостью 0,4 м^3;

– грейфер с ковшом вместимостью 0,35 м^3 с ограничителем грузоподъемности;

– крановое оборудование грузоподъемностью до 5 т с ограничителем грузоподъемности;

– монтажную крановую стрелу длиной 15 м с наголовником длиной 5 м, грузоподъемностью до 1 т и высотой подъема груза 19 м;

– рыхлитель мерзлых грунтов (дизель-молот марки С-254 с массой ударной части 600 кг).

Экскаватор может выполнять следующие виды работ:

1) отрытие траншей, котлованов, погрузку грунта или материалов в транспортные средства (обратной лопатой);

2) земляные работы выше уровня стоянки экскаватора: возведение насыпей, разработку карьеров, погрузку грунта или материалов в транспортные средства (прямой лопатой);

3) отрытие глубоких траншей, выемок, добычу песка, гравия со дна водоемов (драглайном);

4) перегрузку сыпучих грунтов (грейфером);

5) погрузочно-разгрузочные и монтажные работы (крановым оборудованием);

6) дробление мерзлого грунта при производстве земляных работ (рыхлителем).

Замена одного вида сменного рабочего оборудования на другой не требует изменения в механизме на поворотной платформе.

Устройство и работа экскаватора

Экскаватор ЭО-3211Е состоит из пяти основных частей (лист 1):

1) двигателя *10*, который расположен на поворотной платформе с механизмами;

2) трансмиссии, которая состоит из главного редуктора *15* с лебедками *27, 5, 14*, фрикционами *7* и тормозами;

3) ходовой части *1*;

4) рабочего оборудования *22, 21, 20*;

5) системы управления (канаты) *16, 17, 18*.

Поворотная платформа экскаватора сварная, с литым поддоном и с приваренными настилами. Средняя часть поворотной платформы выполнена в виде ванны, в которой размещены верхние горизонтальные шестерни поворотного и ходового валов. Верхняя плоскость поворотной платформы обработана и служит опорой для установки главного редуктора *15*, положение которого фиксируется при установке в специальном отверстии, расточенном в поддоне платформы. В задней части поворотной платформы на раме крепится двигатель *10*.

Установка двигателя вдоль оси экскаватора улучшает условия его обслуживания. Для заводки и контроля работы двигателя машинисту нет надобности спускаться с поворотной платформы.

Управление экскаватором вынесено на левую сторону по ходу машины, что улучшает условия работы машиниста при езде по городу и повышает удобство управления, особенно при левых поворотах. Кабина машиниста *23* с управлением, расположенная в передней части левого настила, изолирует оператора от выхлопных газов двигателя и шумов. Механизмы экскаватора и двигатель закрыты съемным капотом *11*.

В передней части поворотной платформы вварены проушины крепления стрелы, передней двуногой стойки *24*.

Опорно-поворотное устройство *2* экскаватора может быть выполнено в двух вариантах: с балансирными опорно-поддерживающими роликами или с шариковым двухрядным опорно-поворотным кругом. Поворотный венец *42* экскаватора имеет внутреннее зацепление.

Главный редуктор (лист 2) представляет собой закрытую масляную ванну с основными механизмами экскаватора. На верхней части редуктора установлена одновальная главная лебедка с барабанами: тяговым, расположенным между опорами, и консольным подъемным. Фрикционы лебедок и фрикционы реверса открыты для удобства наблюдения за ними во время работы.

Смазка всех шестерен, подшипников и деталей управления в главном редукторе осуществляется разбрызгиванием. Во время копания, когда включен механизм поворота, шестерни поворота, расположенные выше уровня масла, смазываются разбрызгиванием, осуществляемым сжатым воздухом. В поддон поворотной платформы вдувается струя воздуха.

Нажимать на рукоятку крана смазки машинист должен во время работы регулярно 2...3 раза в час.

На верхней крышке редуктора установлена пробка со щупом уровня масла.

Ходовая часть экскаватора *1* представляет собой металлоконструкцию в виде прямоугольной сварной рамы, опирающейся на две гусеницы. На верхней части рамы расположен зубчатый венец поворота, в нижней части – ходовой редуктор.

Вращение к ходовому редуктору передается через вертикальный ходовой вал *38*. Горизонтальный ходовой вал *40* через зубчатые муфты *39* соединяется со звездочками механизма хода.

Рабочее оборудование. Унифицированные стрела, рукоять и ковш поставляются заводом с каждым экскаватором как основной вид оборудования. Путем перемонтажа рукояти с ковшом, перестановки блоков на стреле и рукояти и перезапасовки канатов, как указано в схемах запасовки, можно получить прямую безнапорную или обратную лопату. Примерное время на перемонтаж обратной лопаты на прямую или наоборот составляет для двух человек 2…3 часа. Основные сечения стрелы и рукояти состоят из гнутых листов, сваренных в виде коробок. Унифицированный ковш экскаватора сварнолитой с литыми зубьями.

Механизм открывания днища ковша, необходимый при оборудовании прямой лопаты, устанавливается на рукояти и состоит из автомобильной тормозной камеры и углового рычага с осью, приваренной к рукояти. Воздух от крана управления на пульте машиниста поступает к тормозной камере по трубкам и шлангу. Блоки канатов применяются двух размеров по ручью диаметром 300 и 400 мм. Вращаются блоки на шариковых подшипниках, для удобства монтажа установленных на втулках.

Передняя стойка *24* трубчатая, связанная вверху у оси блоков листовой коробкой. Угол между вертикалью и осью передней стойки при работе должен составлять примерно 10...12°.

Крановое оборудование экскаватора состоит из решетчатой стрелы со вставками, крюковой обоймы, дополнительных противовесов, ограничителей грузоподъемности и угла подъема стрелы. Дополнительные противовесы на экскаватор должны быть установлены при любом виде рабочего оборудования с решетчатой стрелой. Основная решетчатая стрела, состоящая из двух частей (нижней и верхней), имеет длину 7,5 м и устанавливается для 5-тонного крана. Используя вставки к стреле длиной 1,5 и 3,0 м и наголовник длиной 5 м, можно получить стрелы длиной 10,5 м для работы драглайном и грейфером, 12 м – для работы 3-тонным краном, 15 м – для работы 2-тонным краном и монтажную стрелу длиной 15 м с наголовником длиной 5 м. Монтажная стрела допускает подъем груза массой 1000 кг. Высота подъема крюка от уровня стоянки составляет 19 м. В оборудование драглайна входит ковш с упряжью и наводка драглайна.

Грейфер двухчелюстной поставляется в комплекте с успокоителем и ограничителем грузоподъемности (если грейфер без крана).

Основным видом сменного рабочего оборудования экскаватора является унифицированная лопата (обратная и прямая). Это оборудование в зависимости от выполняемой работы может быть заменено краном, драглайном, грейфером, дизель-молотом.

Уширенный и удлиненный гусеничный ход обеспечивает экскаватору ЭО-3211Е давление на грунт, не превышающее 0,17 кг/см^2. Поэтому этот экскаватор имеет высокую проходимость и может работать на заболоченных грунтах и торфоразработках.

Кинематическая схема экскаватора показана на листе 1.

Движение от двигателя *10* передается через главную муфту *45* и через две конические шестерни *46* трансмиссии. При включенной муфте *45* приводится во вращение вал *31* первой передачи, на котором закреплены две шестерни *30* и *34*. Шестерня *30* находится в постоянном зацеплении с шестерней *28* через шестерню *29*, которая через фрикционную пневмокамерную муфту *51* (ее устройство описано ниже) передает вращение валу *33* главной лебедки. Шестерня *34* находится в постоянном зацеплении с шестерней *32*, которая закреплена на второй части вала *33* главной лебедки. Так как движение от вала *31* к валу *33* передается через паразитную шестерню *29*, а к валу *33* непосредственно (без паразитной шестерни), то зубчатые колеса *29* и *35* вращаются в разные стороны. Включая муфту *51* или *7*, изменяют направление вращения барабана *14*, с помощью которого поднимают ковш прямой лопаты, подтягивают ковш при работе драглайна и поднимают или опускают груз при работе краном. Таким образом, с помощью описанного устройства можно опускать груз на режиме двигателя.

Ковш (груз) может опускаться также под действием собственного веса при выключенных муфтах *7*. В этом случае скорость опускания регулируется тормозом, которым снабжен барабан *14*. Опускание и подъем стрелы на экскаваторе ЭО-3211Е, оборудованном прямой лопатой, необходимы для создания напорно-возвратного движения и выполняются с помощью барабана *54*, свободно установленного на валу *33*. Барабан *54* соединяется с валом *33* фрикционной пневмокамерной муфтой *7*, при этом стрелоподъемный канат наматывается на барабан и стрела поднимается. Стрела опускается (для создания напора) при выключенной муфте *7*. Ленточный тормоз *55*, установленный на другом конце барабана *54*, регулирует скорость опускания стрелы и удерживает ее в нужном положении.

На реверсивном валу *4* свободно установлены зубчатые колеса *29* и *35*, которые жестко связаны со шкивами муфт *56* и *57* и находятся в постоянном зацеплении с зубчатыми колесами *30* и *34*. При включении той или иной муфты вал *4* получает вращение от зубчатых колес *29* и *35* и вращается в разные стороны. Следовательно, и реверсивный вал может вращаться как в ту, так и в другую стороны.

Передача движения на поворот платформы осуществляется отбором движения на вал *52* с реверсивного вала *4* через шестерни *59* и *60* и блок шестерен *44*. Блок шестерен *44* может перемещаться на шлицах вдоль вала *52*, и шестерни блока могут быть введены в зацепление с соответствующими шестернями *59* и *60*, в результате чего скорость вращения вала *52* изменяется. Затем через пару конических зубчатых колес *61* и *62* движение передается вертикальному валу *36*, на шлицах которого установлена шестерня *37*. При введении в зацепление шестерни *37* с зубчатым колесом *76* последнее приводит во вращение главный вал *43* механизма поворота, на конце которого закреплена шестерня *77*, находящаяся в постоянном зацеплении с зубчатым венцом *42* и приводящая в движение поворотную платформу, так как зубчатый венец жестко закреплен на раме экскаватора. Реверсирование вала *43*, достигаемое с помощью муфт *56* и *57*, изменяет направление вращения платформы.

Движение ходовому механизму сообщается от вертикального вала *36* при введении в зацепление зубчатых колес *37* и *78*. Вертикальный вал *38* через конические шестерни *41* связан с горизонтальным ходовым валом *40*.

На одном конце вала *52* установлен шкив тормоза поворота или передвижения, а на другом конце – кулачковая муфта *47* для включения барабана *27* лебедки подъема стрелы драглайна и крана. Направление вращения барабана, необходимое для подъема или опуска-

ния стрелы, изменяется путем реверсирования вала *52*, а следовательно, и вала *4* с помощью фрикционных муфт *56* и *57*.

На экскаваторе ЭО-3211Е установлен дизель марки Д-65Л мощностью 36,8 кВт. Пневматическая система управления экскаватора снабжается сжатым воздухом от двухступенчатого компрессора марки ВВ-0,25/10 производительностью 15 $м^3$/ч.

В пневмокамерных муфтах предусмотрена компенсация износа фрикционных накладок. Когда накладки в процессе работы износятся на 4…5 мм, колодки необходимо повернуть на 180°, и первоначальные зазоры в муфте будут восстановлены. Конструкция фрикционных муфт обеспечивает простоту и удобство монтажа и демонтажа. На экскаваторе ЭО-3211Е при работе с крановым и грейферным оборудованием устанавливают ограничитель грузоподъемности, который автоматически отключает муфту сцепления двигателя и включает двухколодочный тормоз редуктора, если масса груза превышает паспортную величину на данном вылете.

Стрелоподъемная лебедка, снабженная планетарным механизмом, показана на листе 18. Лебедка смонтирована на консольной части вала перемены передач. Ведущая часть кулачковой муфты *51*, включающей стрелоподъемную лебедку в работу, жестко закреплена на валу *43* шпонкой. Кулачки ведомой части расположены на внешней торцовой стороне солнечной шестерни. Диск *49*, в котором закреплены оси *52* сателлитных шестерен *53*, установлен неподвижно на корпусе главного редуктора. Зубчатый венец *54* планетарного механизма прикреплен к втулке *46* с винтовой нарезкой.

Стрелоподъемный барабан *47* также имеет внутреннюю винтовую нарезку, с помощью которой он соединен с втулкой *46*. Один из торцовых буртиков (правый) барабана одновременно является храповым диском, находящимся в зацеплении с собачкой. Между вторым буртиком барабана и торцовым диском втулки *46* помещен храповый диск *56*, который стопорится собачкой.

Для пуска в работу стрелоподъемной лебедки необходимо включить кулачковую муфту *51* и один из фрикционов реверсивного механизма. От вала *43* вращение будет передаваться через кулачковую муфту солнечной шестерни *53* зубчатому венцу *54*. Вместе с венцом *54* начинает вращаться винтовая втулка *46* и вместе с ней стрелоподъемный барабан *47*. Во время подъема стрелы действием натяжения каната барабан перемещается по винтовой втулке влево, зажимая между двумя фрикционными накладками храповой диск *56*. Собачка скользит при этом по зубьям храпового диска и не препятствует его вращению.

Если вал *43* получает вращение в обратном направлении, то барабан *47* перемещается по винтовой втулке вправо, освобождаясь от сцепления с диском *56*, канат сматывается с барабана и стрела опускается. Под действием натяжения каната скорость вращения стрелового барабана постепенно увеличивается и в некоторый момент времени становится больше скорости вращения втулки *46*. При этом барабан начинает перемещаться по втулке *46* влево до упора в храповой диск *56*, который в период спуска стрелы удерживается собачкой.

В результате трения на поверхностях фрикционных накладок стрелоподъемный барабан притормаживается и скорость его вращения становится равной скорости вращения втулки *46*. При такой конструкции спуск и подъем стрелы безопасны. В случае неисправности фрикциона реверсивного механизма или выключения кулачковой муфты барабан под натяжением каната перемещается влево и останавливается, так как прижимается к диску *56*, который застопорен собачкой. Для повышения безопасности работы лебедки установлено дополнительно храповое устройство с собачкой, с помощью которой машинист может непосредственно остановить барабан *47*.

Наружная поверхность зубчатого венца является шкивом постоянно замкнутого тормоза, лента *48* которого затянута с небольшим усилием. Это усилие должно быть достаточным, чтобы удержать от вращения винтовую втулку *46* и барабан *47*, после того как будет выключена кулачковая муфта *51*. Если нет тормоза, то барабан и втулка могут вращаться совместно под действием натяжения стрелового каната. В результате барабан не будет перемещаться

влево и зажимать диск *56*. Разматыванию стрелового каната ничего не будет препятствовать, и стрела может упасть.

Во время эксплуатации стрелоподъемная лебедка требует постоянного наблюдения. Периодически следует устранять люфты в соединениях и проверять, как перемещается барабан по винтовой втулке.

Движение валам главной лебедки передается от шестерен, которые вращаются в разные стороны. Правая ведущая шестерня *28* главной лебедки жестко установлена на валу, а левая шестерня *32* – на подшипниках в корпусе главного редуктора.

Опорами вала *33* в корпусе редуктора являются подшипники, причем левый вал соединен болтами с корпусом тягового барабана *14*, а на консольной части вала *33* с помощью шарикоподшипников смонтирован подъемный барабан *54*. Барабан включают пневмокамерной муфтой *7*, ведущий диск которой жестко соединен с валом *33*, а ведомый шкив отлит заодно с барабаном *54*.

Подъемный барабан останавливают управляемым ленточным тормозом, шкив которого также является единым целым с барабаном.

Тяговым барабаном *14* управляют с помощью двух пневмокамерных муфт *7* и *51*. При включении левой муфты *7* тяговый барабан начинает вращаться в направлении вращения шестерни *34*, а при включении средней муфты *51* – в направлении вращения шестерни *28*. Тяговый барабан также тормозят ленточным тормозом *50*, шкив которого изготовлен заодно с барабаном и шкивом муфты *14*.

Воздух к муфтам *7* и *51* подводят с торцов вала *33* через вращающиеся соединения.

Канаты на подъемном и тяговом барабанах закрепляют клиньями. Шарикоподшипники затягивают с помощью крышек и прокладок. Необходимо следить за тем, чтобы на трущиеся поверхности тормозов и фрикционов не попадало масло из картера главного редуктора. Следует периодически проверять затяжку болтов крышек подшипников и крышки редуктора. Для смазки подшипников предусмотрены масленки в крышке редуктора или в корпусах барабанов *16* и *7*.

Конструкция привода механизмов поворота платформы и хода экскаватора показана на листе 4.

Главный редуктор (лист 18) установлен на верхней обработанной поверхности поворотной платформы. Нижний стакан редуктора входит в поддон платформы и центрирует его с редуктором. В поддоне размещены вертикальный вал *62* главного редуктора, поворотный вал *55* и верхняя часть вертикального вала *47* механизма хода, а также шестерни *76, 46, 78*.

Опорами всех валов являются шариковые или роликовые подшипники. Все шестерни жестко установлены на валах, но шестерня *46* может быть перемещена вдоль оси вертикально валу главного редуктора и введена в зацепление либо с шестерней *76*, либо с шестерней *78*. Движение передается через поворотный вал *55*, обегающую шестерню *77* и зубчатый венец *54* для поворота платформы или нижнему ходовому механизму через конические шестерни редуктора *51*.

Поворотная платформа вращается вокруг центральной цапфы. Вместо двухрядного шарикового круга в настоящее время устанавливают однорядный роликовый круг.

В зависимости от включения передач и муфт механизма реверса машина может передвигаться вперед или назад.

Внутри пустотелого вертикального вала *47* проходят пневмогидропроводы. Поскольку их ось совмещена с осью центральной цапфы, то поворот платформы не отражается на их положении.

Пневматическая система управления является основной на экскаваторе. С ее помощью производятся наиболее часто повторяющиеся операции: включение лебедок, управление муфтами реверса, включение механизма открывания днища ковша. Механическая система управления применена для вспомогательных операций, к которым относятся: управление главной муфтой, переключение скоростей, включение стрелоподъемной лебедки и др.

Для стопорения горизонтального вала механизма хода во время копания служит стопорное устройство.

Стопорение горизонтального вала механизма хода экскаватора ЭО-3211Е производится постоянно замкнутыми ленточными тормозами. Ведущая кулачковая полумуфта *1* привода полуоси концевой части горизонтального вала сблокирована с тормозом *18, 21* так, что включенной кулачковой муфте соответствует выключенное состояние тормоза, и наоборот. Тормозная лента *18, 21* постоянно замкнута усилием сжатых пружин *7, 8*. При включении пневмокамеры *10* выдвигающийся шток посредством шайбы *9* дополнительно сжимает пружины и через тягу *4* и серьгу *15*, поворачивая рычаги *23* и *22* по часовой стрелке, выключает тормоз и замыкает кулачковую муфту. Позицией *24* обозначены детали, неподвижно закрепленные на ходовой раме.

Натяжение гусеничной ленты проверяется между поддерживающими катками и регулируется винтами *22* натяжного устройства (провисание составляет 30…40 мм).

Регулировка натяжения ходовых цепей экскаватора с линейно не- перемещающимися ведущими колесами производится специальным натяжным устройством *25*. Отвернув гайки *37* и вращая их, можно удлинить или укоротить тягу *38* и соответственно ослабить или натянуть цепь *29*. Нормальное натяжение нижней ветви определяется «игрой» на участке ведущее колесо – звездочка натяжного устройства цепи. Норма провисания цепи для экскаватора ЭО-3211Е – 20…25 мм.

Регулировка механизма управления тормозами и выключением гусениц. Во время работы экскаватора кулачковые муфты горизонтального вала механизма хода должны быть выключены, а тормоза концевых частей – замкнуты. В этом положении расстояние от торцов кулачков муфт до торцов тормозных шкивов составляет D = 5…10 мм; пружины *7* и *8* должны быть сжаты до размера C = 145…150 мм; ось пальца *14* должна быть удалена от прямой, соединяющей центры шарниров *А* и *Б* (болтов *16, 17* и серьги *15*), на расстояние K = 7…10 мм; длина пружины *11* L = 205…210 мм; зазор P между полкой ходовой рамы и шайбой *6*, когда она прижата к гайкам *5*, должен быть 10…12 мм. Если в пневмокамеру *10* подать сжатый воздух, тормоза размыкаются, а кулачковые муфты включаются пружиной *11* и рычагом *25*. При этом отход тормозных лент должен составлять около 15 мм, а ход кулачковых муфт – 25…30 мм; длина зацепления кулачков – 19 мм, а их вершины не должны доходить до дна впадин между кулачками шкивов на 1 мм.

В результате изнашивания фрикционных накладок тормозных лент (их частей *18* и *21*) расстояние K постепенно уменьшается, и когда K = 0, тормоз перестает действовать. В этом случае необходима регулировка в такой последовательности:

1) выключают главную муфту, рычаг реверса устанавливают в нейтральное положение, выключают ход, выступы кулачковых муфт должны оказаться против впадин тормозных шкивов;

2) придерживая ключом тягу *4* и освободив контргайку, заворачивают гайку *5* до сжатия пружин еще на 20…25 мм (размер K увеличится до 15…20 мм);

3) ослабляют гайки *20* стяжного болта *19*, затем стягивают полуленты *18* и *21* до плотного их прилегания к шкиву;

4) отворачивают гайку *5*, освобождая шайбу *6* таким образом, чтобы расстояние P было равно 20…25 мм; постепенно отпускают гайку *20* болта *19*, устанавливают размер K = 7…10 мм. Чтобы убедиться в устойчивости полученного размера K, следует несколько раз включить и выключить рычаг регулируемого тормоза (главная муфта должна быть выключена), гайки *5* и *20* следует законтрить;

5) отрегулировав тормоз, болтом *2* с контргайкой *3* устанавливают такое положение кулачковой муфты *1*, при котором D = 5…10 мм (при замкнутом тормозе);

6) гайками *13* и тягой *12* регулируется натяжение пружины *11* до L = 200…210 мм; подав сжатый воздух в пневмокамеру *10* и включив кулачковую муфту, болтом *2* окончательно устанавливают заход кулачков во впадины – не менее 19 мм, болт *2* стопорится.

Техническое обслуживание экскаватора

Экскаваторы, поступающие с завода-изготовителя, снабжаются инструкцией по техническому обслуживанию и эксплуатации, в которой излагаются основные требования применительно к конструктивным особенностям машины.

Для обеспечения постоянной и длительной работы экскаватора, а также повышения его экономичности и производительности проводится техническое обслуживание (ТО). Это система мероприятий, обеспечивающих нормальные условия работы деталей и узлов машины до достижения ими предельно допустимого износа.

В соответствии с назначением, составом, объемом работы и периодичностью выполнения техническое обслуживание делится на следующие виды:

– ежесменное техническое обслуживание (ЕО) выполняется перед началом и после окончания каждой смены;

– техническое обслуживание № 1 (ТО-1) – через каждые 125 моточасов работы от начала эксплуатации нового или отремонтированного экскаватора;

– техническое обслуживание № 2 (ТО-2) – через каждые 500 моточасов;

– техническое обслуживание № 3 (ТО-3) – через 1000 моточасов;

– сезонное техническое обслуживание (СТО) – при переходе к осенне-зимнему или весенне-летнему периоду эксплуатации.

Плановое ТО проводится во внесменное рабочее время. ЕО выполняют работники, за которыми закреплена машина; ТО и текущие ремонты – централизованные специальные бригады, в состав которых на период проведения работы по ТО включаются машинист и его помощник.

Состав работ при ТО. ЕО включает следующие работы: очистку машины, техническое обслуживание двигателя и других агрегатов, наружный осмотр узлов и механизмов, устранение подтекания топлива и масла. Особое внимание обращается на состояние тормозов, фрикционов, элементов механических передач, канатов и их крепления, рабочего оборудования, на натяжение ремней, цепей, гусеничных лент; проверяется затяжка и стопорение доступных болтовых креплений, состояние системы управления и электрооборудования, состояние и уровень рабочих жидкостей и смазочного материала в емкостях (при необходимости производится дозаправка). Спускается конденсат из масловлагоотделителей и ресивера. При работающем двигателе проверяются показания контрольных приборов. Устраняются все неисправности и производится смазывание согласно карте и схеме смазывания. На холостом ходу опробуется работа экскаватора. При температуре ниже 5 °С в случае длительных остановок сливается вода (сливной кран оставляется открытым).

При ТО-1 выполняется ЕО, очередное техническое обслуживание двигателя; осматриваются, проверяются и регулируются главная муфта, фрикционы и тормоза; в аккумуляторной батарее проверяется уровень электролита. Смазывание производится согласно карте и схеме смазывания.

При ТО-2 осуществляется ТО-1, очередное техническое обслуживание двигателя и других агрегатов. Проверяется: крепление дисков фрикционов к ступицам, свободное вращение опорных и поддерживающих катков; надежность установки ведущих звездочек ходового устройства; состояние и правильность зацепления шестерен (особенно конических); состояние опорно-поворотного круга, шарнирных соединений рабочего оборудования, блоков и барабанов; все сварные соединения, пневматическая система на герметичность. Смазывание выполняется согласно схеме смазывания.

В ТО-3 входят работы, предусмотренные ТО-2; промываются топливные и масляные баки; сменяется масло во всех емкостях; проверяется состояние систем управления; промываются и регулируются все узлы экскаватора.

Перед началом работы в холодное время года после запуска двигатель прогревается на малых оборотах, затем вхолостую на средних оборотах опробуется работа всех механизмов

после въезда на заранее подготовленные подкладки (бревна). В конце смены рабочий орган и ходовая часть очищаются от грязи, ковш опускается также на подкладки во избежание примерзания к грунту.

Перед установкой на хранение экскаваторы подвергаются очередному техническому обслуживанию. Для длительного хранения экскаваторов необходимо: промыть и очистить машину снаружи и внутри, установить экскаватор на подкладки, чтобы элементы движителя и ковш не соприкасались с землей, протереть насухо ветошью, удалить коррозию; неокрашенные места покрасить и покрыть антикоррозийным смазочным материалом; смазать экскаватор и сменное оборудование в соответствии с таблицей и картой смазывания; слить масло из картеров и редукторов, промыть их и заправить свежим маслом с консервирующей присадкой; очистить от грязи стальные канаты, цепи, ослабить их и смазать (канаты – смазочным материалом 39У или КТ6/5к4, цепи – ПВК); снять ремни компрессора и вентилятора, очистить электропроводку от грязи и насухо протереть, хранить согласно руководству по эксплуатации; заклеить стекла фар бумагой, покрытой с одной стороны слоем солидола; смазать рукояти рычагов управления и ручки дверей экскаватора, завернуть в один слой парафинированной бумаги и оклеить клеевой бумажной лентой.

Изучение технической характеристики, кинематической схемы, устройства и работы механизмов, устройства, работы и регулировок узлов гидравлической системы экскаватора ЭО-2627В

Назначение, устройство и техническая характеристика экскаватора

Экскаватор ЭО-2627 предназначен для механизации земляных работ в грунтах I…IV категорий и выполнения погрузочных работ. Оснащен одновременно ковшом обратной лопаты и отвалом. В зависимости от монтажа обратная лопата может работать как прямая. Ниже представлены технические данные экскаватора.

Технические данные экскаватора

Тип экскаватора	Одноковшовый универсальный неполноповоротный на пневматическом ходу
Двигатель	Д-243
Номинальная мощность двигателя, кВт (л.с.)	60 (81,6)
Рабочее давление в гидросистеме, МПа	14,0
Нагрузка на оси, Н, не более:	
на переднюю	13000
на заднюю	48000
Габариты (в транспортном положении), мм, не более:	
длина	700
ширина	2500
высота	3800
Удельный расход топлива, г/цикл (г/м3)	33,2 (121,0)
Обратная лопата	
Геометрическая вместимость ковша, $м^3$	0,25
Номинальная вместимость ковша, $м^3$	0,28
Наибольший радиус копания, м	4,15
Наибольший радиус копания на уровне стоянки, м, не мене	5,3
Наибольшая высота выгрузки в транспортные средства, м, не менее	2,5
Продолжительность рабочего цикла, с	16

Усилия копания, Н (кгс), не менее	35000 (3500)
Отвал	
Ширина отвала, м, не менее	2,0
Величина заглубления, м, не менее	0,05
Высота отвала, м	0,68

Экскаватор может работать при температурах от – 40°С до +40°С. Мерзлый грунт выше IV категории можно разрабатывать только после предварительного рыхления. Конструкция экскаватора предусматривает возможность работы со сменными видами рабочего оборудования.

Экскаватором можно выполнять следующие работы:

обратной лопатой – рыть траншеи, котлованы в отвал или с погрузкой в транспорт;

прямой лопатой – разрабатывать мелкие забои, возводить насыпи, производить погрузку;

отвалом – выполнять легкие планировочные и зачистные работы;

погрузочным оборудованием осуществлять погрузо-разгрузочные работы;

грейфером с вилами – грузить солому, силос и другие материалы;

грузоподъемным устройством – выполнять монтажные и погрузочно-разгрузочные работы;

гидромолотом – вскрывать асфальтные и бетонные покрытия, разрабатывать мерзлый грунт;

боковой обратной лопатой – рыть траншеи вблизи зданий и сооружений;

бурильным оборудованием – производить бурение скважин под взрывы и забивание свай, при строительстве линий связи, устройстве ограждений, при подготовке ям под посадку деревьев и кустарников;

рукоятью телескопической – производить работы с увеличенной глубиной копания и высокой выгрузкой.

Экскаватор состоит из следующих основных частей (лист 1):

- базового трактора «Беларус 820» – *1*;
- рамы с поворотной колонкой – *2*;
- экскаваторного рабочего оборудования – *3*;
- погрузочного оборудования гидросистемы – *4*.

К основе трактора *6* крепится обвязочная рама *11*, в которой установлена поворотная колонка *2* с рычажным механизмом поворота. Для обеспечения устойчивости экскаватора при работе к раме прикреплены два опорных башмака *7*.

Рабочее оборудование навешивается на поворотной колонне и состоит из стрелы *8*, рукояти *9* и ковша обратной лопаты *10*.

В передней части трактора располагается погрузочное оборудование *12*.

Рабочее движение осуществляется с помощью гидравлического привода, элементами которого являются насос, гидроцилиндры, гидрораспределители, гидробак с фильтром, и соединительного трубопровода.

Освещение и сигнализация при работе в ночное время и при передвижении в городских условиях обеспечиваются от электрооборудования трактора. Отопление кабины в зимнее время осуществляется отопителем трактора.

В настоящее время также выпускаются экскаваторы под разными марками: ЭП-2620, А-310ПЭ, ДЭМ-114, ЭО-2626А, ЭО-2621, ЭО-1624, ОЭН-1, Амкодор-702Е, ПОРС-0,75, П-10 и др. Они по конструктивному выполнению аналогичны экскаватору ЭО-2627 с той лишь разницей, что базовые тракторы у них различны и выпускаются разными заводами.

Устройство и работа составных частей экскаватора

Рама *11* предназначена для разгрузки остова трактора и навески рабочего оборудования. Крепится хомутами к рукавам задних полуосей трактора и болтами к лонжеронам. К раме крепится поворотная колонка *2*, на которой устанавливается рабочее оборудование *3*.

Колонка поворотная *2* (лист 1) представляет собой металлоконструкцию, вращающуюся на осях *14* относительно рамы *6* экскаватора и поворачивается двумя гидроцилиндрами *13*. В транспортном полжении колонка *2* фиксируется пальцем *15*. При работе экскаватора палец удаляется.

Гидрокинематическая схема поворота колонки приведена на плакате *5*. Гидроцилиндры *2* и *4* вращаются относительно оси *А*. При соединении магистрали *II* с нагнетанием, а магистрали *I* со сливом рабочая жидкость по трубопроводам поступает в полости *С* и *К*, а полости *Д* и *Л* соединяются со сливом. Возникающие при этом усилия, действующие на поршни гидроцилиндров, вращают поворотную колонку с рабочим оборудованием относительно оси *Б*.

Для остановки поворота оборудования золотник гидрораспределителя устанавливается в нейтральное положение, полости гидроцилиндров запираются, а перемещение их штоков некоторое время происходит за счет движущегося по инерции рабочего оборудования. При этом рабочая жидкость из полостей *Л* и *Д* вытесняется через перепускной клапан *1* в полости *С* и *К*. Давлением настройки перепускного клапана (14,0±2,0 МПа) обеспечивается тормозное усилие на штоках гидроцилиндров.

Для предохранения гидроцилиндров от перегрузок предусматриваются разгрузочные клапаны *1*. Изменение направления поворота осуществляется переключением золотника гидрораспределителя в другое рабочее положение, при котором магистраль *II* соединяется со сливом, а магистраль *I* – с нагнетанием.

Торможение оборудования при его повороте в крайнее положение обеспечивается клапаном *3*.

Пуск и проверка работы экскаватора

Перед пуском двигателя выполнить все операции, предусмотренные ЕТО. Подготовку к пуску двигателя выполнять в соответствии с инструкцией по эксплуатации трактора «Беларус-820».

В течение 10 мин работы двигателя вхолостую машинист должен убедиться в полной его исправности, затем включить насос гидросистемы трактора и привод насоса НШ-100-3. Полное включение привода насоса определяется щелчком фиксатора переключающегося валика.

После включения насосов проверить работу гидросистемы экскаватора в течение 30 мин, работая сначала гидроцилиндрами отвала и опорных башмаков, затем при выжатых опорных башмаках и отвале.

Гидроцилиндры рабочего органа следует проверять в процессе работы, выявлять, нет ли течей через уплотнения гидроцилиндров, соединения трубопроводов. При обнаружении неисправностей выявить причины и устранить их.

Если трактор работает исправно, проверить работу экскаватора под нагрузкой при разработке траншей на грунтах I...II категорий, легких зачистных и погрузочных работах в течение 8 ч на средних оборотах двигателя.

Регулировочные параметры гидросистемы экскаватора ЭО-2627

Наименование и обозначение клапана на гидравлической схеме	Давление, на которое должен быть настроен клапан, МПа

Перепускной клапан механизма поворота 18	14,0±2,0
Разгрузочные клапаны 19 и 22	18,0±1,0
Разгрузочный клапан стрелы 21	11,0±1,0
Предохранительный клапан ковша 21	18,0±1,0
Предохранительные клапаны гидрораспределителей 26, 28	14,0±2,0

Настройка разгрузочных клапанов *19, 21, 22* и предохранительных клапанов *26* проверяется при техническом обслуживании № 3 (ТО-3) на стендах.

Для проверки давления настройки предохранительных клапанов, гидрораспределителей *4* и *14* необходимо вместо пробки на трубопроводе гидроцилиндра стрелы установить приспособление для контроля давления.

При включении гидроцилиндра стрелы и работе его до упора манометр покажет давление настройки предохранительного клапана гидрораспределителя *4*, а при выключении – давление настройки предохранительного клапана гидрораспределителя *14*.

Проверка технического состояния

Проверка технического состояния включает проверку состояния трубопроводов и металлоконструкций рабочей жидкости и фильтров, отсутствия внутренних и наружных утечек рабочей жидкости, работы механизмов, исправности электрооборудования.

Наружные утечки рабочей жидкости не допускаются.

Отсутствие внутренних утечек в гидрораспределителях проверяют на стендах. В эксплуатационных условиях величина утечек может быть ориентировочно установлена по величине перемещения штоков гидроцилиндров под действием силы тяжести.

Допустимая величина перемещения штоков в течение часа:

– для цилиндров стрелы и рукояти – 75 мм;

– для цилиндров ковша обратной лопаты, бульдозера и цилиндров опорных башмаков – 100 мм.

Величину перемещения проверяют при максимальных величинах рабочих органов, без груза в ковше.

Во избежание простоев следует тщательно осматривать механизм экскаватора, внимательно и своевременно устранять замеченные недостатки, следить за состоянием креплений.

Изучение технической характеристики, кинематической схемы, устройства и работы механизмов, устройства, работы и регулировок узлов гидравлической системы экскаватора ЭО-4112Б

Назначение, техническая характеристика, общее устройство, кинематическая схема

Экскаватор ЭО-4112Б предназначен для копания и перемещения грунта. Он получил широкое применение при механизации земляных работ в промышленном, гражданском, гидротехническом и дорожном строительстве, а также при добыче полезных ископаемых. Применяется и на других видах работ с соответствующим рабочим оборудованием.

Экскаватором выполняют следующие работы: разрабатывают грунты I...IV категорий и мелкодробильные скальные породы V...VI категорий с величиной фракций 300...400 мм; роют котлованы, траншеи, каналы; разрабатывают карьеры; возводят плотины, насыпи и дамбы; рыхлят мерзлый грунт; забивают сваи. При оснащении крановым оборудованием экскаватор используют также на погрузочно-разгрузочных и строительно-монтажных работах.

Экскаватор одноковшовый, полноповоротный, универсальный, на гусеничном ходу, с приводом рабочих органов от дизеля Д-108. От двигателя к реверсивному валу движение пе-

редается четырехрядной втулочно-роликовой цепью. Для включения реверсивного механизма на машине применены двухконусные фрикционные муфты. Экскаватор как с прямой, так и с обратной лопатой оборудуют ковшом вместимостью 0,65 м^3 с зубьями или ковшом вместимостью 0,8 м^3 с полукруглой режущей кромкой без зубьев. Эти ковши предназначены для разработки грунтов I...IV категорий и мелкодробимых скальных пород V...VI категорий.

В целях увеличения производительности экскаватора при разработке грунтов I…II категорий наряду с нормальными ковшами вместимостью 0,65 и 0,8 м^3 для прямой лопаты может быть применен ковш с зубьями с увеличенной вместимостью 0,75 м^3.

Управление механизмами пневматическое и рычажное. Пневматическая система экскаватора снабжается сжатым воздухом при помощи двухступенчатого компрессора ВУ-0,57 с рабочим давлением до 7 атм.

Компрессор приводится в действие клиноременной передачей от вала двигателя экскаватора. Для подачи давления к рабочим органам и плавности их работы на пульте управления имеются золотники двух видов: дифференциальные, позволяющие менять давление в рабочем цилиндре от нуля до максимума, и простого действия, обеспечивающие полное рабочее давление в цилиндрах.

Машинист управляет механизмами экскаватора при помощи шести рычагов, расположенных в верхней части пульта управления.

Техническая характеристика экскаватора

Вместимость ковша, м^3……...0,65
Мощность дизельного двигателя Д-108, кВт……..70
Число оборотов коленчатого вала, мин$^{-1}$……...950
Скорость передвижения, км/ч……..1,6...3,0
Число оборотов поворотной платформы в минуту...……....3,4...6,0
Наибольший преодолеваемый подъем, град……...22
Удельное давление на грунт, МПа……..0,069
Продолжительность рабочего цикла, с……15
Масса, т……...22

Экскаватор выпускается серийно и поставляется с прямой лопатой, комплектом запасных частей и набором инструментов, приспособлений и принадлежностей. Изготовитель – Донецкий экскаваторный завод.

Экскаватор ЭО-4112Б состоит из следующих основных частей (лист 1): гусеничного ходового оборудования, нижней рамы поворотной платформы *33* с механизмами и силовым оборудованием, рабочего оборудования – стрелы *26*, рукояти *31*, ковша *28*.

Экскаватор может быть оборудован следующим рабочим оборудованием: *а* – прямая лопата; *б* – обратная лопата; *в* – грейфер; *г* – крановое оборудование; *д* – струг; *е* – струг-засыпатель; *ж* – драглайн; *з* – драглайн-засыпатель; *и* – корчеватель пней; *к* – копер с молотом для забивки свай.

Прямая лопата предназначена для разработки грунтов, расположенных выше уровня стоянки экскаватора. Рабочее оборудование состоит из стрелы *1*, рукояти *11*, ковша *10*.

Обратная лопата применяется при разработке грунтов, расположенных ниже стоянки экскаватора. В рабочее оборудование входят стрела *9*, стойка *4*, рукоять *10*, ковш *13*.

Драглайн, как и обратная лопата, предназначен для разработки грунтов, расположенных ниже уровня стоянки экскаватора. В рабочее оборудование драглайна входят стрелы *28*, *39*, ковш *33*, наводка системы направляющих блоков и канаты: стреловой, подъемный *37*, тяговый *30*.

Цикл работы драглайна включает следующие операции: копание грунта (подтягивание ковша тяговым канатом), подъем ковша (одновременное натяжение подъемного и тягового

канатов), поворот на разгрузку, разгрузка (отпускание тягового каната при натянутом подъемном), поворот в забой, опускание ковша на грунт (отпускание тягового и подъемного канатов).

Крановое оборудование экскаватора позволяет применять его на погрузочно-разгрузочных работах и на монтаже строительных конструкций.

Грейферное оборудование экскаватора применяется при погрузочно-разгрузочных работах с сыпучими и мелко кусковыми материалами, а также при разработке легких грунтов.

Грейферный ковш экскаватора снабжен подъемным *17* и замыкающим *26* канатами. Цикл работы грейфера включает следующие операции: копание грунта (смыкание створок ковша натяжением замыкающего каната), подъем ковша (натяжение подъемного и замыкающего канатов), поворот на разгрузку, разгрузка (отпускание замыкающего каната), поворот в забой, опускание раскрытого ковша на грунт.

Кинематической схемой машины называется условное схематическое изображение ее механизмов, показывающее их взаимосвязь и способ передачи движения от двигателя к рабочим механизмам. С целью упрощения чертежа применяют условные обозначения различных элементов механизмов.

На листе 1 показана кинематическая схема экскаватора ЭО-4112Б, оборудованного прямой лопатой, и взаимное расположение его механизмов. Движение от двигателя к рабочим механизмам передается однодисковой муфтой *38*, обычно называемой **главной**, при помощи которой вал двигателя соединяется с главной трансмиссией экскаватора или отсоединяется от нее.

Главной трансмиссией называются элементы механизмов, вращающиеся при включенной главной муфте и выключенных остальных фрикционах, управляющих движениями механизмов. Так, при включении главной муфты начинают вращаться цепная передача *39*, шестерни *59*, *60* и *22*, а также валы *57* и *42*; все это вместе и составляет главную трансмиссию экскаватора. Вместе с этими элементами вращаются жестко связанные с ними элементы механизмов, а именно: вместе с валом *57*, называемым горизонтальным валом реверсивного механизма, вращаются шкивы двухконусных фрикционов *55*; вместе с шестерней *60* вращается диск с фрикционными колодками двухконусного фрикциона *40*, а с валом *42* (вал главной лебедки) вращается ведущий диск фрикциона механизма открывания днища ковша и крестовины ленточных фрикционов *61* и *62* внутреннего типа.

Если смотреть на трансмиссию со стороны радиатора двигателя (справа), то вал двигателя вращается по часовой стрелке, а шестерня *60* – против часовой стрелки. Это следует иметь в виду, чтобы правильно определить направление движения рабочих механизмов при подключении их к главной трансмиссии.

Следовательно, при включении главной муфты рабочие механизмы экскаватора только подготовлены к работе, но не включены. Для передачи движения рабочим механизмам, осуществляющим операции рабочего цикла (копание, поворот платформы и др.), следует включить соответствующий фрикцион, соединяющий данный механизм с главной трансмиссией. Для включения некоторых механизмов необходимо предварительно (перед включением фрикциона) включить кулачковую муфту или подвижную шестерню, так как в ряде случаев один и тот же фрикцион можно использовать для подключения трансмиссии нескольких механизмов, причем тот или иной механизм соединяется с ведомой частью фрикциона кулачковой муфтой или подвижной шестерней.

Конструкция механизмов экскаватора

Экскаватор ЭО-4112Б является универсальной полноповоротной машиной на гусеничном ходу. Он состоит из сменного рабочего оборудования, поворотной платформы с механизмами и ходового оборудования.

Рабочее оборудование прямой лопаты (лист 6) состоит из ковша *10,* рукояти *11,* стрелы *1*, напорного механизма *14* и механизма открывания днища ковша.

Ковш состоит из передней и задней частей, которые соединены между собой путем сварки. Передняя часть ковша отлита из высококачественной стали и имеет гнезда для установки съемных зубьев. Задняя стенка имеет проушины для крепления рукояти, обоймы ковшового блока *9,* подвешенного на подъемном канате, и днище *6а,* которое подвешено на петлях к задней стенке и закрывается засовом.

Для открывания днища необходимо вытащить засов из петли передней стенки ковша, что осуществляется механизмом открывания днища ковша.

Рукоять внутреннего типа имеет коробчатое сечение. В передней части рукояти предусмотрены две накладки с тремя отверстиями и одним отверстием на переднем конце. Эти отверстия служат для соединения рукояти с ковшом. Через них пропускается болт, который соединяет тяги *15А* ковша с рукоятью, а через отверстие проходит ось, соединяющая проушину ковша и рукоять. Наличие этих отверстий на рукояти позволяет изменить угол наклона передней стенки ковша и тем самым изменить угол копания экскаватора.

В задней части рукояти крепится уравнительный блок *4* напорного каната.

В передней части рукояти установлен кронштейн с отверстием. В это отверстие вставляется натяжной винт, в отверстие головки которого помещается палец, который соединяется с концом возвратного каната и ползуном, скользящим по двум уголкам.

Стрела лопаты (лист 6) сварена из двух швеллеров, связанных внизу четырьмя раскосами и в верхней части – поперечной балкой из швеллера. В верхней части устанавливается ось головных блоков *7*, в нижней приварена пята стрелы, которая имеет отверстие для крепления ее к поворотной платформе. Крепление стрелы к поворотной платформе производится пальцами, которые проходят через отверстие пяты и проушины *20* платформы.

На стреле установлено семь блоков – четыре в головной части (головные) и три на оси седла в средней части стрелы. Кроме того, на стреле размещаются две отбойные коробки *12* (или бруса), предохраняющие стрелу от удара ковша, указатель угла наклона стрелы, ограничитель подъема стрелы (при подъеме стрелы на 67…78° рычажная система этого механизма автоматически выключает главную муфту и тем самым останавливает лебедку подъема стрелы) и пневматический цилиндр механизма открывания днища ковша.

Напорный механизм экскаватора ЭО-4112Б состоит из следующих деталей и узлов: напорного барабана *14* (лист 6), ось которого крепится к пяте стрелы; звездочки *18к,* приваренной к барабану; двух звездочек *64* на валу главной лебедки (лист 1); звездочки *65* на валу стреловой лебедки; втулочно-роликовых цепей, соединяющих эти звездочки; седла рукояти с тремя блоками, закрепленного в средней части стрелы; уравнительного блока на заднем конце рукояти и напорного и возвратного канатов. Ось напорного барабана крепится на эксцентриковых вкладышах. При повороте вкладышей (специальным ключом) осуществляется натяжение втулочно-роликовой цепи, которая соединяет напорный барабан с валом главной лебедки.

Рабочее оборудование обратной лопаты состоит из ковша *13,* стрелы *9,* рукояти *10* и передней стойки *4*.

Рукоять имеет коробчатое сечение (лист 7). Нижняя часть рукояти соединяется с ковшом, в средней части имеется кронштейн, с помощью которого рукоять крепится к стреле, в верхней части устанавливается блок *12*. Стрела используется от прямой лопаты, в этом случае снимаются седловой подшипник и головные блоки. Блоки седлового подшипника используются для направления тягового каната.

Передняя стойка устанавливается в проушинах поворотной платформы и закрепляется с помощью пальцев. В верхней части устанавливаются головные и стреловые блоки стрелы прямой лопаты.

Рабочее оборудование драглайна (лист 8) состоит из стрелы, ковша с подвеской *33,* направляющего устройства тягового каната, наводки и полиспаста стрелоподъемного каната.

Стрела (лист 8) экскаватора состоит из нижней *28* и верхней *39* секций, которые соединяются болтами. Между ними может быть вмонтирована вставка длиной 3 м. Стрела драглайна представляет собой сварную решетчатую ферму, выполненную из уголковой стали. На нижнем конце стрелы предусмотрены сплошные стенки и пояса стрелы, которые связаны сплошной диафрагмой и четырьмя косынками из листовой стали. В отверстие пяты *29* вставлены стальные втулки, через которые проходят оси крепления пяты к раме. Буфер из резины, расположенный в верхней части пяты, служит для предохранения стрелы от ударов в случае ее чрезмерного подъема.

Головная часть стрелы усилена стальными листами и косынками, передние концы поясов стрелы соединены с верхней диафрагмой, в верхней части стрелы в разъемных корпусах устанавливается ось, на которой установлены головные (рабочие) *7* и стреловые *2* блоки. Рабочие блоки установлены на подшипниках качения, а стреловые – на втулках. При применении удлиненных стрел стреловые блоки снимаются и на их место устанавливаются серьги.

Ковш драглайна экскаватора ЭО-4112Б сварной из стальных листов и передней литой стенки. Спереди к ковшу приварены дугообразная арка и козырек с проушиной для крепления клинового ковша опрокидного каната *38*. К боковым стенкам ковша прикреплены тяговые и подъемные проушины для крепления тяговых *32* и подъемных *34* цепей.

Режущая кромка ковша снабжена четырьмя съемными зубьями из листовой стали.

Другие концы подъемных цепей *34* прикрепляются к обойме опрокидного блока *36*, служащего для опрокидывания ковша при разгрузке. Через блок проходит опрокидной канат *38*, который закрепляется на серьге *31*, связывающей вместе тяговой канат *30*, тяговые цепи *32* и опрокидной канат *38*.

Опрокидной блок подвешивается на подъемном канате *37*. Чтобы не препятствовать опрокидыванию ковша, подъемные цепи внизу распирают планки *35*.

Направляющее устройство тягового каната (наводка) драглайна (лист 8) служит для направления тягового каната при работе. Наводка направляет тяговый канат под углом около 22° к барабану главной лебедки и допускает большие отклонения в горизонтальной плоскости. Корпус наводки может быть литым из стали или сварным. Направляющее устройство крепится к кронштейну, приваренному к поворотной платформе, при помощи проушины *45* и неподвижной оси, закрепляемой болтом. Наводка вращается на этой оси на двух бронзовых (или чугунных) втулках. В корпусе наводки расточены отверстия для осей *42* вертикальных блоков *40*, отверстия в передних кронштейнах для двух осей направляющих роликов *41* и отверстия в задних кронштейнах для двух осей *43* горизонтальных блоков *44*. Блоки вращаются на втулках, запрессованных в блоки. Смазка к осям блоков подается при помощи пресс-масленок.

Поворотная платформа с механизмами (лист 10), на которой размещены все механизмы, состоит из центральной рамы *17*, задней коробки, боковых площадок, установленных снизу, рамы кронштейнов с катками-захватами и кузова, закрывающего все механизмы и пульт управления.

Центральная рама сварена из двух основных продольных балок, коробчатого сечения, двух вертикальных стоек – правой и левой. Вертикальные стойки служат станиной для опор основных горизонтальных валов механизма, для чего в них вварены разъемные гнезда. В них устанавливается левая опора горизонтального вала механизма реверса, опоры вала реверса главной лебедки, опоры главной лебедки.

Балки рамы вместе с листами образуют закрытую коробку (масляную ванну), в которой размещаются шестерни зубчатых передач вертикальных валов экскаватора. В местах прохода вертикальных валов листы рамы усилены накладками.

В стойках станины имеются отверстия для пальцев, крепящих двуногую стойку. К нижнему листу рамы привариваются усиливающие листы, служащие для крепления кронштейнов катков-захватов и двух стальных секторов дорожки катания. К передней части рамы привариваются проушины с отверстиями для пальцев крепления стрелы рабочего оборудо-

вания, а также кронштейн для крепления наводки драглайна. На верхнем листе рамы приварен литой стальной картер механизма реверса, а к задней части блока прикреплены болтами стальные литые кронштейны дизельной установки. К концам балок рамы приваривается стальная коробка, состоящая из трех отсеков, из которых средний отсек – топливный бак. По бокам поворотной рамы приварены площадки. Поворотная платформа через опорные рельсы, приваренные на нижнем листе рамы, опирается на роликовый опорно-поворотный круг (лист 10), который устанавливается на дорожку качения корпуса зубчатого венца ходовой рамы.

Опорно-поворотный круг состоит из сепараторного кольца *18*, в котором размещены двадцать четыре ролика *19*. Ролики вращаются на осях, закрепленных неподвижно в обойме кольца при помощи планки и болта. Смазка роликов производится при помощи масленок.

Для удержания поворотной платформы на нижней раме при черпании к нижней части поворотной рамы при помощи болтов крепятся три кронштейна с катками-захватами *34* (лист 10). Захват состоит из кронштейна, прикрепляемого к нижнему листу поворотной платформы при помощи болтов, эксцентриков оси, установленных в этом кронштейне, и траверсы, опирающейся на концы оси. По сторонам траверсы установлены две оси с роликами *34*. Так как траверса установлена на эксцентриковой оси, она может при черпании несколько подниматься или опускаться, чем и регулируется зазор между поворотной платформой и опорно-поворотным венцом.

На поворотной платформе экскаватора расположены следующие механизмы и узлы (лист 1): дизель *13* с пусковым двигателем; механизмы главной трансмиссии, состоящей из главной муфты, цепного редуктора и механизма реверса; промежуточный вал; главная лебедка; барабан напорного механизма; лебедка подъема стрелы; стрела рабочего оборудования; поворотный и ходовой (частично) механизмы и двуногая стойка. На боковых площадках платформы установлены пульт управления, оборудование и аккумулятор системы гидроуправления (или пневмоуправления).

Регулирование и контроль работы механизмов экскаватора

Регулирование фрикционных механизмов. Конусные фрикционные муфты регулируют на величину осевого перемещения подвижного диска муфты, которая на экскаваторе должна составлять 1,0...1,5 мм. По мере износа конусных колодок регулируют величину хода муфты. Полностью изношенные колодки подлежат замене.

Ленточные фрикционные муфты регулируются, чтобы установить зазор между лентой и шкивом. При выключенной муфте для экскаватора зазор должен быть в пределах 1,5...2,0 мм. Зазор устанавливают путем затягивания или ослабления стяжного болта, соединяющего половины ленты. Необходимо следить за тем, чтобы лента равномерно прилегала к шкиву.

Износ фрикционных накладок должен составлять не более 20 % их первоначальных размеров.

Регулирование тормозов. Тормоза барабанов главных лебедок регулируют путем подтягивания стяжного болта, соединяющего половины ленты. Зазор между лентой и шкивом по всей длине ленты должен составлять 1,5...2,0 мм. Допустимый износ фрикционных накладок – не более 30 % их номинальной толщины.

В управляемом тормозе стреловой лебедки зазор между лентой и шкивом при полностью выключенном тормозе должен быть равен 1,5...2,0 мм. Регулируют зазор стяжным болтом, соединяющим половины ленты. Пружина тормоза должна быть достаточно затянута. При износе накладки свыше 30 % ее следует заменить.

В тормозе механизма поворота проверяют, насколько равномерно отходит лента (допустимый зазор – 1,5...2,0 мм). Толщина фрикционных накладок должна быть не менее 5 мм.

Зазор между катками захватов и поверхностью качения должен быть в пределах 1...2 мм. Регулируют зазор, поворачивая эксцентриковую ось траверсы.

Регулирование зубчатых передач. Регулированию подлежат конические шестерни механизма реверса. Проверяют при этом величину радиального зазора, который должен быть в пределах 1,0...1,5 мм. При превышении этого предела следует уменьшить толщину прокладок между крышкой нижнего подшипника вертикального вала механизма реверса (поднять вал) до получения необходимой величины «игры».

Осевой люфт в подшипниках должен быть в пределах 0,2...0,3 мм. Регулируют его, подтягивая или ослабляя соответствующие гайки.

Регулирование цепных передач. Цепные передачи редукторов проверяют по степени провисания нерабочей ветви цепи. На экскаваторе цепные передачи не имеют специальных натяжных устройств, и натяжение цепи проверяют по верхней ветви. Если верхняя ветвь не видна через открытый люк, то это свидетельствует о сильном ее провисании, в этом случае цепь необходимо отрегулировать. Натяжение цепи производится путем смещения двигателя назад при помощи дополнительных прокладок между опорами дизеля со стороны цепной передачи и кронштейном, приваренным к поворотной платформе. Такое же количество прокладок снимают с противоположной стороны дизеля.

Цепные передачи механизма напора проверяют также по провисанию нерабочей ветви цепи. В экскаваторе оно допускается от 12 до 25 мм. Натяжение цепи, соединяющей двойную звездочку с напорным барабаном, регулируется за счет эксцентриковых стальных вкладышей на валу барабана (при провертывании вкладышей специальным ключом напорный барабан смещается вперед или назад).

Регулирование пневматической системы управления. В процессе регулирования следует проверить, не пробуксовывают ли ремни привода компрессора, и при необходимости отрегулировать натяжение. Следует также проверить, нет ли утечки воздуха. При необходимости надо подтянуть соединения или заменить негодные детали. Во время регулирования необходимо проверить давление в системе. При нормальном давлении (7 атм) устранить причины, вызывающие его понижение.

Чтобы система работала исправно, необходимо по окончании смены продувать ресивер и спускать конденсат, а также регулярно спускать отстой из масловлагоотделителя.

Регулирование рабочего оборудования. Регулирование прямой лопаты. Зазор между седловым подшипником и рукоятью должен быть в пределах 2...3 мм. При большом зазоре необходимо установить дополнительные прокладки.

Механизм открывания днища ковша должен работать плавно, а замок днища – закрываться под тяжестью днища и засова. Необходимо, чтобы засов проходил в проушину свободно, без заеданий. Величина зазора между ним и проушинами должна быть в пределах 10...15 мм.

Регулирование механизма открывания днища ковша производится перемещением шарнирной опоры включающего рычага путем установки шайб или регулирования гайками.

При работе в тяжелых грунтах ковш должен быть наклонен к оси рукояти под увеличенным углом, поэтому тяги ковша крепят на задних отверстиях рукояти, и, наоборот, для работы в легких грунтах тяги крепят на передних отверстиях.

Регулирование драглайна. Необходимо регулировать место крепления тяговых цепей к ковшу. При работе в тяжелых грунтах тяговые цепи укрепляют в нижних отверстиях проушин ковша, а в легких грунтах – в верхних.

Длину каната, разгружающего ковш, следует отрегулировать так, чтобы днище ковша при подъеме имело наклон к горизонту на 15° в сторону, обратную входному отверстию.

Изучение технической характеристики, кинематической схемы, устройства и работы механизмов, устройства, работы и регулировок узлов гидравлической системы экскаватора ЕТ-14

Назначение экскаватора

Одноковшовый экскаватор ЕТ-14 представляет собой многоцелевую землеройную машину, предназначенную для разработки котлованов, траншей, карьеров в грунтах I–IV категорий, погрузки и разгрузки сыпучих материалов, разрыхленных скальных пород и мерзлых грунтов (при величине кусков не более 200 мм), а также для других работ в условиях промышленного, городского, сельского, транспортного и мелиоративного строительства.

Экскаватор сохраняет работоспособность в диапазоне температур окружающего воздуха от –40°С до +40°С.

Технические характеристики экскаватора

Емкость ковша, м^3……...0,65
Вес экскаватора, т……14,8
Марка дизельного двигателя……...Д-245
Номинальная мощность двигателя, кВт (л.с.)…..……..77 (105)
Номинальная частота вращения вала двигателя, об/мин…...……2200
Мощность насосной установки, кВт (л.с.)……... 51,5 (70)
Номинальное давление в гидросистеме, МПа (кгс/см^2…….....28(280)
Производительность насосной установки, л/мин.....248(112+112+24)
Вместимость гидросистемы экскаватора, л……...360
Наибольшая частота вращения поворотной платформы, об/мин……9
Скорость передвижения, км/ч…….....2,4
Продолжительность рабочего цикла, с……16
Номинальное напряжение в электросети, В……12
Глубина копания, м……...5,2
Радиус копания на уровне стоянки, м……7,9
Высота выгрузки, м……5,42
Удельное давление на грунт, кгс/см^2……0,39
Клиренс, мм…….....400
Геометрические характеристики, мм:
– длина……8200
– ширина……..2750
– высота……...2930

Общее устройство экскаватора

Одноковшовый экскаватор ЕТ-14 (рис. 1) состоит из следующих основных составных частей и систем: гусеничного хода *1*, поворотной платформы *2*, рабочего оборудования *3*, опорно-поворотного устрой ства *4*, гусеничной тележки *5* и двигателя внутреннего сгорания *6*.

Опорной частью экскаватора служит гусеничный ход. Гусеничный ход обеспечивает передвижение экскаватора, воспринимает нагрузки, возникающие при его работе, и передает их на грунт.

Поворотная платформа *2* крепится к опорно-поворотному устройству *4*, смонтированному на ходовой раме *5* гусеничного хода.

На поворотной платформе смонтированы: силовая установка *6*, топливный бак, механизм поворота, кабина *7*, отопительно-венти-ляционная установка, гидрооборудование (гидробак, гидрораспределители, маслоохладительная установка и др.), элементы электрооборудования.

Силовая установка экскаватора предназначена для привода всех механизмов и состоит из дизельного двигателя, фланца-переходника и насосного агрегата.

Рабочее оборудование экскаватора *3* устанавливается в проуши- нах *8* поворотной платформы и крепится с помощью пальцев.

Конструкция экскаватора предусматривает возможность использования различных видов сменного рабочего оборудования и рабочих органов, в том числе обратной лопаты, грейфера, гидромолота и др.

Привод всех рабочих движений, а также управление исполнительными органами экскаватора – гидравлические.

На экскаваторе используются электрические системы освещения, вентиляции, сигнализации и пуска дизельного двигателя, обеспечивающие возможность работы в любое время суток и нормальный микроклимат в кабине.

Гусеничный ход (гусеничная тележка) (рис. 2) – многоопорный, с жесткой установкой опорных элементов, состоит из ходовой рамы *7*, приводов хода *1* с ведущими колесами, направляющих колес *10* с натяжными механизмами, гусениц *6*, опорных катков *3* и *8*, поворотной роликовой опоры *12* и гидрооборудования *4*.

Ходовая рама *7* (рис.2) является базовым элементом экскаватора. К средней части рамы приварена опора, к которой крепится зубчатый венец роликовой опоры *12*. В продольных балках рамы устанавлива- ются приводы хода *1*, а также ползуны направляющих колес *10* с натяжными механизмами.

Опорные катки (рис. 3) крепятся к ходовой раме экскаватора и состоят из катков *5*, крышек *1* и осей *6*.

Для предохранения от попадания во внутреннюю полость опорного катка пыли и грязи применены уплотнения, состоящие из резиновых колец *3* и притертых друг к другу металлических колец *4*. Кроме того, уплотнения защищены дополнительным лабиринтом, образованным выточками катка *5* и крышек *1*. Крышки *1* фиксируются на оси *6* штифтом *2*.

Каток в сборе крепится болтами к нижним полкам продольных балок ходовой рамы.

Привод хода (рис. 4) представляет собой трехступенчатый цилиндрический планетарный редуктор.

Вал-шестерня *14*, благодаря наличию муфты *30*, является как бы продолжением выходного вала гидромотора *48* и находится в постоянном зацеплении с сателлитами *12*, которые обкатываются по зубчатому венцу крышки *22*, приводя во вращение водило *19*. От водила *19* крутящий момент передается на вторую ступень редуктора через солнечную шестерню *13*, сателлиты *27*, зубчатый венец корпуса *26* и водило *23*. Водило *23* передает вращение на третью ступень редуктора, включающую солнечную шестерню *29*, сателлиты *6*, водило *7* и второй зубчатый венец корпуса *26*. Однако, в отличие от двух первых ступеней, водило *7* не вращается, так как оно жестко связано с неподвижным корпусом *38*.

Во вращение приводятся корпус *26* и соединенная с ним болтами *2* звездочка *57*, играющая роль ведущего колеса привода хода. Для предохранения редуктора от попадания во внутреннюю полость пыли и грязи применены уплотнения *41*, аналогичные уплотнениям опорных катков. Привод хода снабжен тормозом постоянно замкнутого типа с гидравлическим приводом, который играет роль стояночного тормоза экскаватора, а также служит для предохранения гидромотора *48* от воздействия инерционных нагрузок. Торможение производится при помощи пружин *45, 46*, расположенных между крышкой *39* и порш-нем *52*, и металлических дисков *35*, *36*. Диски *35* входят в зацепление с неподвижной муфтой *32*, а диски *36* – с вращающейся муфтой *30*. При неработающем приводе хода пружины *45, 46,*

воздействуя через поршень *52* на диски *35* и *36*, прижимают их друг к другу, в результате чего передача вращения через редуктор невозможна.

При включении привода хода одновременно сигнал гидроуправления подается в полость *P* между поршнем *52* и корпусом *38*. В результате поршень сдвигается в сторону гидромотора *48*, сжимая пружи- ны *45, 46*; диски *35, 36* отходят друг от друга, и крутящий момент от гидромотора *48* передается на звездочку *57*.

Для смазки привода хода в корпусе редуктора предусмотрены отверстия с пробками *3*.

В качестве **опорно-поворотного устройства** (рис. 5) на экскаваторе применена поворотная роликовая однорядная опора подшипникового типа с зубьями внутреннего зацепления.

Опора состоит из верхней *5* и нижней *7* полуобойм, а также зубчатого венца *2*, поверхности которых служат дорожками качения для цилиндрических роликов *4*. Торцы любых двух соседних роликов обращены в сторону разных пар дорожек качения (на венце *2* – две дорожки, на полуобоймах *5* и *7* – по одной).

При установке на экскаватор венец *2* соединяется болтами *3* с ходовой рамой *10*, а полуобоймы *5* и *7* болтами *8* скрепляются друг с другом и с поворотной платформой *1*, благодаря чему платформа имеет возможность поворачиваться относительно ходовой рамы на любой угол.

Между полуобоймами устанавливается комплект прокладок *6*.

Смазка роликов и дорожек качения полуобойм и венца производится через пресс-масленки *11*, установленные равномерно по наружной цилиндрической поверхности опоры.

Для предохранения вытекания смазки между венцом и полуобоймами установлены манжеты *9*.

Каждая гусеница имеет свой независимый механизм натяжения гусеничной ленты состоящий из направляющего колеса *2* (рис. 6), гидроцилиндра *5*, упирающегося штоком через амортизатор *4* в вилку *3*, соединенную с ползунами *1*.

Направляющее натяжное колесо *1* (рис. 7) установлено на бронзовых втулках *10* на оси *7*, зафиксированной штифтами *6* в ползунах *4*, устанавливаемых в направляющих продольной балки ходовой рамы.

Для герметизации внутренней полости направляющего колеса служат уплотнения, аналогичные уплотнениям катка опорного.

Гусеничная лента (рис. 8) состоит из левых *4* и правых *6* звеньев с запрессованными в них втулками *5* и пальцами *7*, соединительных звеньев *7* и *9*, соединенных замыкающими втулками *10, 12* и пальцем *11* с буртом и шплинтом.

К звеньям гусеничной ленты с помощью болтов *2* и гаек *3* крепятся опорные башмаки.

Механизм поворота. Поворот платформы осуществляется низкомоментным аксиально-поршневым гидромотором *13* (рис. 9) с двухступенчатым планетарным редуктором, увеличивающим крутящий момент и уменьшающим частоту вращения поворотной платформы. На выходном валу гидромотора *13* жестко закреплена солнечная шестерня *14*, находящаяся в постоянном зацеплении с сателлитами *9*. Сателлиты обкатываются по верхним внутренним зубьям зубчатого венца корпуса *18*, приводя во вращение водило *8* и вал.

На валу жестко закреплена солнечная шестерня *17*, находящаяся в постоянном зацеплении с сателлитами *7*, которые обкатываются по нижним внутренним зубьям зубчатого венца корпуса *18*, приводя во вращение водило *6* и вал *23*.

Обе планетарные передачи самоустанавливающиеся.

Вал *23* установлен в корпусе *21* на сдвоенных радиально-сферических подшипниках *3* и *5*. На конце вала жестко закреплена шестерня *1*, которая, обкатываясь по внутреннему зубчатому венцу опорно-поворотного устройства, заставляет платформу поворачиваться относительно пневмоколесного ходового устройства экскаватора.

Корпус планетарного редуктора механизма поворота состоит из трех частей (крышки *11*, корпуса *18* и корпуса *21*), соединенных болтами.

Для смазки подшипников и зубчатых зацеплений в крышке *11* предусмотрено заливное отверстие, закрываемое пробкой-сапуном *10*. Количество заправленного масла контролируется по отверстию, которое закрывается пробкой в корпусе *18*.

Для слива отработанного масла предусмотрены отверстия, закрываемые пробками *20* и *22*.

Для предпускового подогрева двигателя и отопления кабины в холодное время года на экскаваторе смонтирована установка предпускового подогрева двигателя и отопителя кабины.

Рабочее оборудование

Конструкция экскаватора предусматривает возможность использования различных видов рабочего оборудования, в том числе: обратной лопаты, оборудования прямого копания, грейферного оборудования, гидромолота, гидравлических ножниц, измельчителя бетона.

На основании запросов потребителей завод-изготовитель постоянно работает над созданием новых видов и типоразмеров рабочего оборудования и сменных рабочих органов.

Обратная лопата – основной вид рабочего оборудования экскаватора – предназначена для выполнения широкого круга землеройных погрузочных и других работ.

Обратная лопата (рис. 11) состоит из стрелы *1*, рукояти *3*, сменного рабочего органа *6*, механизма привода ковша *5*, гидроцилиндров *2*, *4* и *7*, а также системы трубопроводов и рукавов высокого давления, связывающих гидроцилиндры с гидросистемой экскаватора.

Поворот стрелы, рукояти и рабочего органа осуществляется соответствующими гидроцилиндрами.

К сменным рабочим органам обратной лопаты относятся ковши различной вместимости и назначения.

Основные регулировочные характеристики

Давление настройки предохранительных клапанов гидросистемы на экскаваторе ЕТ-14, МПа

КП1, КП2, КП9, КП10, КП13, КП14 …….…28+2
КП3, КП4, КП5, КП6, КП7, КП8 ……...…..32-2
КП11,КП12 …… ……...21+2
КО1 …….....6±0,5
КО2 ……....3,5±0,5

Давление в системе дистанционного гидроуправления.....3,0+0,5

Техническое обслуживание

В зависимости от объёма и состава работ, а также периодичности их выполнения техническое обслуживание экскаватора подразделяют на виды:

ЕО – ежесменное техническое обслуживание;

ТО-1 – проводимое через каждые 125 моточасов работы двигателя;

ТО-2 – проводимое через каждые 500 моточасов работы двигателя;

ТО-3 – проводимое через каждые 1000 моточасов работы двигателя;

СО – сезонное техническое обслуживание, выполняемое при переходе к новому сезону эксплуатации.

При проведении технического обслуживания и текущего ремонта экскаватора строго соблюдайте меры безопасности.

Техническое обслуживание гидросистемы

Перед разборкой соединений гидросистемы необходимо выкрутить пробки в верхних крышках фильтров для обеспечения связи с атмосферой.

Работоспособность экскаватора в значительной степени зависит от марки и чистоты применяемой рабочей жидкости.

Масло, заливаемое в гидросистему, должно иметь сертификат качества. Класс чистоты рабочей жидкости – не ниже 12 согласно установленной в России классификации.

Обратите особое внимание на своевременность замены рабочей жидкости, соответствие марки масла сезону эксплуатации.

Первую замену рабочей жидкости производите через 100 часов работы экскаватора, последующие – при сезонном техническом обслуживании, а при отсутствии смены сезона – через 2000 моточасов, но не реже чем: для основных сортов масел – одного раза в 2 года; для сортов-заменителей – одного раза в год.

Заправка рабочей жидкости в гидросистему экскаватора должна производиться через фильтр с тонкостью фильтрации не более 25 мкм.

Обслуживание роликового опорно-поворотного устройства

Техническое обслуживание роликового опорно-поворотного устройства заключается в проверке затяжки крепежных болтов и в пополнении смазки во внутренней полости опоры и на рабочих поверхностях зубьев. Проверка затяжки крепежных болтов проводится путем приложения к каждому крутящего момента, постепенно увеличиваемого до 350...400 Н·м.

Пополнение смазки производите в соответствии с таблицей смазки – через 4 масленки, расположенные симметрично по окружности устройства. Для обеспечения более равномерного распределения смазки по всей окружности внутренней полости опоры операцию смазки необходимо повторить, развернув опору вместе с поворотной платформой экскаватора относительно ходовой рамы на угол 45 град. Количество смазки, подаваемой во внутреннюю полость опоры во время технического обслуживания, должно быть не менее 0,6 кг. Допускается подача меньшего количества смазки, если при равномерном распределении смазки во внутренней полости наблюдается ее выдавливание через уплотнения или если подачу смазки осуществлять непосредственно в смазочный канал при вывернутой пресс-масленке.

Изучение технической характеристики, кинематической схемы, устройства и работы механизмов, устройства, работы и регулировок узлов гидравлической системы экскаватора ЕК-12

Назначение экскаватора

Одноковшовый экскаватор пневмоколесный гидравлический ЕК-12 представляет собой многоцелевую землеройную машину, предназначенную для разработки котлованов, траншей, карьеров в грунтах I–IV категорий, для погрузки и разгрузки сыпучих материалов, разрыхленных скальных пород и мерзлых грунтов (при величине кусков не более 200 мм), а также для других работ в условиях промышленного, городского, сельского, транспортного и мелиоративного строительства.

Экскаватор сохраняет работоспособность в диапазоне температур окружающего воздуха от –40 до +40 °С.

Технические характеристики экскаватора ЕК-12

Вместимость ковша, м^3……..……...……..……0,65

Масса экскаватора, оборудованного обратной лопатой, т……...12,9
Марка дизельного двигателя..……...Д-243
Номинальная мощность двигателя, кВт (л. с.)…….....…..59,6 (81)
Номинальная частота вращения вала двигателя, мин$^{-1}$…….....2200
Мощность насосной установки, кВт (л. с.)……...……...53,6 (73)
Номинальное давление в гидросистеме, МПа…….……...…...32
Давление в пневмосистеме, МПа……...……...0,6...0,7
Суммарная подача насосной установки, л/мин..…248 (112+112+24)
Вместимость гидросистемы экскаватора, л…….....…….320
Максимальная скорость передвижения, км/ч….....……....…….20
Напряжение в электросистеме, В…….……...12
Продолжительность рабочего цикла, с…….…..15
Наибольшая частота вращения поворотной платформы, мин$^{-}$….....9
Глубина копания, м, не менее.……..…….……4,8
Радиус копания на уровне стоянки, м, не менее…….……8,06
Высота выгрузки, м, не менее..……..……6,4
Клиренс, мм……...……..…315
Геометрические характеристики, мм:.
- длина.…….……..8000
- ширина…….……2500
- высота……...…..…….3120

Общее устройство экскаватора

Одноковшовый экскаватор ЕК-12 состоит (рис. 1) из следующих основных составных частей и систем: пневмоколесного ходового устройства *1*, поворотной платформы *2*, рабочего оборудования *3*, гидравлической системы *4*, системы пневмоуправления, электрического оборудования.

Пневмоколесное ходовое устройство экскаватора, выполненное на двух ведущих мостах, обеспечивает высокую скорость передвижения на рабочих площадках и по дорогам, а также возможность буксировки экскаватора тягачом.

Передний мост – управляемый, имеет одинарные шины, балансирно крепится к ходовой раме.

Задний мост – неуправляемый, имеет двойные шины, жестко соединен с ходовой рамой.

Привод мостов осуществляется от низкомоментного гидромотора через коробку перемены передач и карданные валы.

Во время работы для повышения устойчивости экскаватор ЕК-12 опирается на выносные опоры-отвал.

Поворотная платформа *2* крепится к опорно-поворотному устройству *5*, смонтированному на ходовой раме *6*.

На поворотной платформе смонтированы: силовая установка, топливный бак, механизм поворота, кабина, отопительно-вентиляционная установка, гидрооборудование (гидробак, гидрораспределители, маслоохладительная установка и др.), элементы электрооборудования и пневмооборудования, противовес.

Силовая установка экскаватора предназначена для привода всех механизмов.

Рабочее оборудование экскаватора устанавливается в проушинах поворотной платформы и крепится с помощью пальцев.

Конструкция экскаватора предусматривает возможность использования различных видов сменного рабочего оборудования и рабочих органов, в том числе обратной лопаты, грейфера, гидромолота и др.

Опора-отвал расширяет технологические возможности экскаватора, обеспечивая возможность засыпки траншей, ям и планирования небольших участков поверхности.

Привод всех рабочих движений, а также управление исполнительными органами экскаватора и рулевое управление – гидравлическое.

Управление тормозами колес и стояночным тормозом, переключением передач – пневматическое.

На экскаваторе используются электрические системы освещения, вентиляции, сигнализации и пуска дизельного двигателя, обеспечивающие возможность работы в любое время суток и нормальный микроклимат в кабине.

Пневмоколесное ходовое устройство экскаватора

Пневмоколесное ходовое устройство экскаватора (рис. 21, *б*) включает в себя следующие составные части: ходовую раму *5* с опорно-по-воротным устройством *9*, откидные опоры *13* и опору-отвал *1*, коробку перемены передач *8*, приводной управляемый *4* и приводной неуправляемый *12* мосты, связанные карданными валами *6*, механизм управления поворотом колес *2*, центральный коллектор *10*, соединенный трубопроводами с гидромотором коробки перемены передач, гидроцилиндрами откидных опор и гидроцилиндрами опоры-отвала, а также с агрегатами системы пневмоуправления (воздушным встроенным ресивером, тормозами колес, стояночным тормозом, механизмом переключения передач).

Опорно-поворотное устройство

В качестве опорно-поворотного устройства на экскаваторе применена поворотная роликовая однорядная опора подшипникового типа с зубьями внутреннего зацепления.

Опора (рис. 5) состоит из верхней *5* и нижней *7* полуобойм, а также зубчатого венца *2*, поверхности которых служат дорожками качения для цилиндрических роликов *4*. Торцы любых двух соседних роликов обращены в сторону разных пар дорожек качения (на венце *2* – две дорожки, на полуобоймах *5* и *7* – по одной).

При установке на экскаватор венец *2* соединяется болтами *3* с ходовой рамой *11*, а полуобоймы *5* и *7* болтами *9* скрепляются друг с другом и с поворотной платформой *1*, благодаря чему платформа имеет возможность поворачиваться относительно ходовой рамы на любой угол.

Между полуобоймами устанавливается комплект прокладок *6*.

Смазка роликов и дорожек качения полуобойм и венца производится через пресс-масленки *12*, установленные равномерно по наружной цилиндрической поверхности опоры.

Для предохранения вытекания смазки между венцом и полуобоймами установлены манжеты 10.

Коробка перемены передач

Коробка перемены передач (КПП) предназначена для передачи крутящего момента от гидромотора к ведущим мостам, переключения передач, включения и выключения переднего моста и предотвращения самопроизвольного начала движения экскаватора (включения стояночного тормоза).

В состав КПП входят: гидромотор, двухступенчатая зубчатая передача, механизм переключения передач, стояночный тормоз.

В мостах экскаватора применены пневматические колодочные тормоза.

Зубчатая передача

Шестерня *7* (рис. 3), закрепленная на выходном валу гидромотора *5*, передает крутящий момент шестерне *21*. Шестерня *24*, установленная на подшипниках *23* на валу *22* вторым наружным зубчатым венцом, находится в постоянном зацеплении с шестерней *9*, закрепленной на валу-шестерне *10*. Вал-шестерня *10* находится в зацеплении с шестерней *19*, установленной на подшипниках *20* на валу *22*.

Вал *22* и вал-шестерня *10* установлены на подшипниках в расточках корпуса *6*.

Крутящий момент передается валу *22* через полумуфту *21*, имеющую возможность перемещаться по шлицам вдоль оси этого вала, входя в зацепление с внутренними зубчатыми венцами либо шестерни *24*, либо шестерни *19*, включая при этом соответственно 2-ю или 1-ю передачу.

На одном из концов вала *22* установлена шестерня *26*, по зубчатому венцу которой может перемещаться полумуфта *27*.

При работе гидромотора *5* крутящий момент постоянно передается на задний мост экскаватора, передний же мост может быть либо включен, либо отсоединен от выходного вала *22*.

Для включения переднего моста необходимо ввести полумуфту *27* в зацепление с шестерней *26*, жестко закрепленной на конце вала *22*.

Управление перемещением полумуфты *21* и полумуфты *27* осуществляется механизмом переключения передач и включения моста нажатием на кнопку выключателя, установленного в кабине.

Включение переднего моста происходит одновременно с включением 1-й передачи, выключение моста - одновременно с включением 2-й передачи.

Механизм переключения передач и включения переднего моста

Механизм переключения передач и включения переднего моста смонтирован на кронштейне (рис. 38), установленном на корпусе КПП.

Рычаг *5* связан одним плечом через шток *16* с пневмокамерой *18*; другое плечо рычага соединено с валиком, на котором установлены вилки, перемещающие зубчатую полумуфту и шестерню.

При отсутствии давления воздуха в пневмокамере *18* полумуфта и шестерни находятся в положении, соответствующем включению переднего моста и 1-й передачи. При подаче давления в пневмокамеру *18* шток *16* поворачивает рычаг *5*, который перемещает валик. При этом первая вилка переводит шестерню в положение, соответствующее 2-й передаче, а вторая вилка – полумуфту в положение, при котором передний мост выключен.

После прекращения действия воздуха пружина возвращает шток *16*, рычаг *5* и валик в исходное положение.

Механизм управления поворотом колес

Механизм управления поворотом колес экскаватора ЕК-12 (рис. 8) включает в себя систему рычагов, продольных и поперечных тяг, обеспечивающих поворот экскаватора при движении своим ходом и при его буксировке тягачом.

Детали механизма соединены с помощью цилиндрических шкворней *5*, *18*, конических пальцев *14* и сферических подшипников *12*. Шарнирные соединения смазываются через пресс-масленки *13* и *17*.

Поворот передних колес при движении экскаватора своим ходом осуществляется с помощью гидравлического рулевого управления, исполнительными элементами которого служат один или два гидроцилиндра поворота колес *1* и *7*.

При буксировке экскаватора поворот колес производится тягачом через буксировочное дышло, соединяемое с водилом *4* и связывающее экскаватор с тягачом.

Механизм поворота

Поворот платформы осуществляется механизмом поворота (рис. 10), состоящим из низкомоментного аксиально-поршневого гидромотора с двухступенчатым планетарным редуктором, увеличивающим крутящий момент и уменьшающим частоту вращения поворотной платформы.

На выходном валу гидромотора *13* жестко закреплена солнечная шестерня *14*, находящаяся в постоянном зацеплении с сателлитами *9*. Сателлиты обкатываются по верхним внутренним зубьям зубчатого венца корпуса *18*, приводя во вращение водило *8* и вал.

На валу жестко закреплена солнечная шестерня *17*, находящаяся в постоянном зацеплении с сателлитами *7*, которые обкатываются по нижним внутренним зубьям зубчатого венца корпуса *18,* приводя во вращение водило *6* и вал *23*.

Обе планетарные передачи – самоустанавливающиеся.

Вал *23* установлен в корпусе *21* на сдвоенных радиально-сферичеких подшипниках *3* и *5*. На конце вала жестко закреплена шестерня *1*, которая, обкатываясь по внутреннему зубчатому венцу опорно-поворотного устройства, заставляет платформу поворачиваться относительно пневмоколесного ходового устройства экскаватора.

Корпус планетарного редуктора механизма поворота состоит из трех частей (крышки *11*, корпуса *18* и корпуса *21*), соединенных болтами.

Для смазки подшипников и зубчатых зацеплений в крышке *11* предусмотрено заливное отверстие, закрываемое пробкой-сапуном *10*. Количество заправленного масла контролируется по отверстию, которое закрывается пробкой в корпусе *18*.

Для слива отработанного масла предусмотрены отверстия, закрываемые пробками *20* и *22*.

Рабочее оборудование

Конструкция экскаватора предусматривает возможность использования различных видов рабочего оборудования, в том числе: обратной лопаты, грейферов, гидромолотлов, гидравлических ножниц, измельчителя бетона и др. На основании запросов потребителей завод-изготовитель постоянно работает над созданием новых видов и типоразмеров рабочего оборудования и сменных рабочих органов.

Обратная лопата – основной вид рабочего оборудования экскаватора, предназначена для выполнения широкого круга землеройных погрузочных и других работ.

Обратная лопата (рис. 32) состоит из стрелы *3*, рукояти *6*, сменного рабочего органа (ковш) *8*, механизма привода ковша, гидроцилиндров *2, 4* и *5*, а также системы трубопроводов и рукавов высокого давления *1*, связывающих гидроцилиндры с гидросистемой экскаватора.

Поворот стрелы, рукояти, рабочего органа и складывание стрелы осуществляется соответствующими гидроцилиндрами.

К сменным рабочим органам относятся ковши различной вместимости и назначения, грейферы, гидромолоты, гидравлические ножницы, измельчитель бетона и др.

Гидравлическая система

Гидравлическая система экскаватора предназначена для привода силовых механизмов: передвижения, поворота платформы, рабочего оборудования, выносных опор-отвала (I контур), гидроуправления (II контур) и рулевого управления (III контур).

Принципиальная гидравлическая схема экскаватора ЕК-12 приведена на листе «Гидравлическая схема экскаватора ЕК-12».

При нейтральном положении золотников гидрораспределителя рабочая жидкость через всасывающие фильтры *Ф1.1* и *Ф1.2* засасывается из гидробака «*Б*» строенным насосом *НА*, подается по трубопроводам в напорно-сливные секции гидрораспределителя *Р1* и по переливным каналам поступает в сливные каналы плиты. Затем она поступает в сливную магистраль и маслоохладитель *А3*, где охлаждение рабочей жидкости производится потоком воздуха, создаваемого вентилятором двигателя. Потом рабочая жидкость поступает в фильтры для очистки и в гидробак «*Б*».

При включении любой из рабочих секций гидрораспределителя *Р1* потоки управления поступают через клапан «*ИЛИ*» *КИ1* в регуляторы качающих узлов регулируемых секций насосного агрегата *НА* для выведения их из нулевого положения на рабочие расходы.

Для защиты маслоохладителя гидросистемы от повышенного давления (в момент резкого опускания рабочего оборудования) в сливной магистрали установлен предохранительный клапан *КП16*, позволяющий рабочей жидкости поступать в гидробак, минуя маслоохладитель.

Пневматическая система

Пневматическая система экскаватора (рис. 69) обеспечивает работу тормозов, переключение передач КПП, включение (выключение) переднего моста, включение стояночного тормоза.

Компрессор *3*, установленный на двигателе, подает сжатый воздух к воздушным баллонам *4* и *5*, которые встроены в балки поворотной платформы.

В воздушном баллоне поддерживается заданное давление с помощью регулятора давления *1*.

Воздушные баллоны снабжены сливным краном *2* и краном отбора воздуха *6*, которые используются для слива конденсата и подключения шланга для накачивания шин.

Управление тормозами колес производится с помощью дифференциального золотника *8* (рис. 69), подающего сжатый воздух к тормозным пневмокамерам *23, 29, 40, 44* (рис. 72).

Переключение передач в КПП и включение (выключение) переднего моста осуществляется пневмокамерой механизма переключения передач *33* (рис. 72) с помощью электромагнитного клапана *10* (рис. 69).

Стояночный тормоз включается с помощью тормозной пневмокамеры *48* и электромагнитного клапана *11* (рис. 69).

Давление в пневмосистеме контролируется по показаниям электронной панели приборов.

При буксировке экскаваторов ЕК-12 тягачом управление тормозами экскаватора осуществляется от двухпроводной тормозной системы тягача (рис. 72). Для этого на экскаваторе предусмотрены шланги *25* и *54* с соединительными головками (муфтами).

На экскаваторе могут использоваться регуляторы давления различного типа, в том числе такие, которые в отличие от регулятора, описанного ниже, одновременно выполняют и функции предохранительного клапана.

Для очистки воздуха от влаги в пневмосистеме применяется предохранитель от замерзания *12* (рис. 69).

Основные регулировочные характеристики

Давление настройки предохранительных клапанов гидросистемы на экскаваторе ЕК-12, МПа:

КП1, КП2, КП5, КП6……..…….....32±0,5
КП3, КП4, КП7, КП8...…….....35^{-2}
КП9, КП10……..…….....32^{+2}
КП11, КП12……...…….....18^{+2}
КП13…….....8^{+1}
КП14……....10^{+1}
КП15…….……...$3^{+0,5}$
Давление в системе дистанционного гидроуправления, МПа.....$3,0^{+0,5}$
Давление настройки регулятора давления пневмосистемы, МПа..0,6…0,7
Давление в шинах, МПа.……...……..…0,55±0,01

Техническое обслуживание

В зависимости от объема и состава работ, а также периодичности их выполнения техническое обслуживание экскаватора подразделяют на следующие виды:

ЕО – ежесменное техническое обслуживание, выполняемое перед началом и после окончания каждой смены;

ТО-1 – техническое обслуживание, проводимое через каждые 125 моточасов работы двигателя;

ТО-2 – техническое обслуживание, проводимое через каждые 500 моточасов работы двигателя;

ТО-3 – техническое обслуживание, проводимое через каждые 1000 моточасов работы двигателя;

СО – сезонное техническое обслуживание, выполняемое при переходе к новому сезону эксплуатации.

При проведении технического обслуживания и текущего ремонта экскаватора следует строго соблюдать меры безопасности.

2. ЗЕМЛЕРОЙНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ

2.1 Бульдозеры

Изучение технической характеристики, кинематической схемы, устройства и работы механизмов, устройства, работы и регулировок узлов гидравлической системы бульдозеров

Бульдозер представляет собой навесное оборудование, установленное на тракторе или другой машине. Для навески бульдозерного оборудования используются сельскохозяйственные и промышленные гусеничные тракторы следующих тяговых классов 3, 4, 6, 10, 15, 25, 35-го, а также колесные тракторы 0,9, 1,4, 3, 5 классов. Бульдозеры применяют для послойной разработки и перемещения на небольшое расстояние (до 50–150 м) грунтов I–IV категорий, а также предварительно разрыхленных скальных и мерзлых грунтов. Бульдозером можно выполнять различные работы: возводить насыпи, делать выемки и котлованы, разравнивать грунт, отсыпаемый другими машинами, штабелевать сыпучие материалы и торфокрошку, засыпать временные оросительные каналы, котлованы, пазухи фундаментов зданий. В сочетании с экскаваторами бульдозеры используют на строительстве осушительных и оросительных каналов и на других работах. Применяют бульдозеры и на подготовительных рабо-

тах, для срезки и расчистки кустарника и мелколесья, корчевке небольших пней, уборке валунных камней с сельскохозяйственных угодий.

Рабочий цикл бульдозера состоит из следующих последовательно выполняемых операций: резание грунта, транспортирование волоком образовавшейся перед отвалом призмы грунта к месту разгрузки, отсыпка грунта, обратных холостой ход с поднятым отвалом (лист3).

В строительстве и мелиорации бульдозеры выполняют около 35% всех земляных работ, и объем их работы возрастает с каждым годом.

Классификация бульдозеров производится по назначению, по типу ходового устройства, по способу установки отвала, по номинальному тяговому усилию или мощности двигателя.

По назначению бульдозеры подразделяются на общего назначения, используемые для выполнения основных видов землеройно-транспортных и вспомогательных работ, и специальные, применяемые для выполнения целевых работ в специальных грунтовых или технологических условиях (бульдозеры-толкачи, подземные и подводные бульдозеры).

По типу ходового устройства бульдозеры бывают гусеничные и пневмоколесные.

По способу установки отвала бульдозеры подразделяются на бульдозеры с неповоротным и поворотным отвалом (универсальные). Неповоротный бульдозерный отвал закреплен на толкающей раме под прямым углом к направлению движения трактора. При такой установке отвала бульдозер работает на перемещении грунта, срезке неровностей грунта, выравнивании поверхности и рытье каналов.

Поворотный отвал бульдозера можно установить под углом 54–65° к продольной оси трактора, при этом отвал перемещает грунт в сторону по отношению к направлению линии движения бульдозера. Бульдозеры с отвалом, установленным под углом к линии движения, широко применяются на разравнивании кавальеров осушительных каналов, на засыпке дренажных траншей и временных каналов системы орошения.

Классификация бульдозеров по номинальному тяговому усилию или мощности двигателя дана в таблице 1, а их технические характеристики в таблице 2.

Таблица 1. **Классификация бульдозеров**

Тип	Тяговое усилие, кН	Мощность двигателя, кВт
Сверхтяжелые	более 350	более 510
Тяжелые	250-350	220-450
Средние	60-150	103-154
Легкие	14-40	37-96
Малогабаритные	до 9	18,5-37

По номинальному тяговому усилию классифицируются гусеничные бульдозеры, а по мощности двигателя – колесные.

Главный параметр бульдозеров, бульдозеров-рыхлителей и бульдозеров-толкачей – тяговый класс базового трактора, который характеризует силу тяги, развиваемую при скорости 0,7–0,9 м/с и минимальном буксовании гусениц.

Основные параметры. К этим параметрам бульдозера (лист 2) относят тяговый класс, мощность двигателя, массу, переднюю рабочую скорость движения и заднюю холостую, длину продольной базы ходовой части, колею гусениц или колес, ширину гусениц или размер шин колесного трактора, дорожный просвет (клиренс), радиус поворота, удельное давление на грунт, габаритные размеры.

Бульдозерное оборудование характеризуется следующими параметрами (рис. 1): шириной B и высотой H отвала (м), радиусом кривизны отвала r, углом резания δ, задним углом

отвала α, углом заострения ножей β, углом перекоса отвала ε и углом поворота (для поворотных отвалов) отвала в плане γ (град), высотой подъема отвала над опорной поверхностью h_1 и глубиной опускания отвала ниже опорной поверхности h_2, скоростью подъема $v_п$ и опускания $v_о$ оборудования.

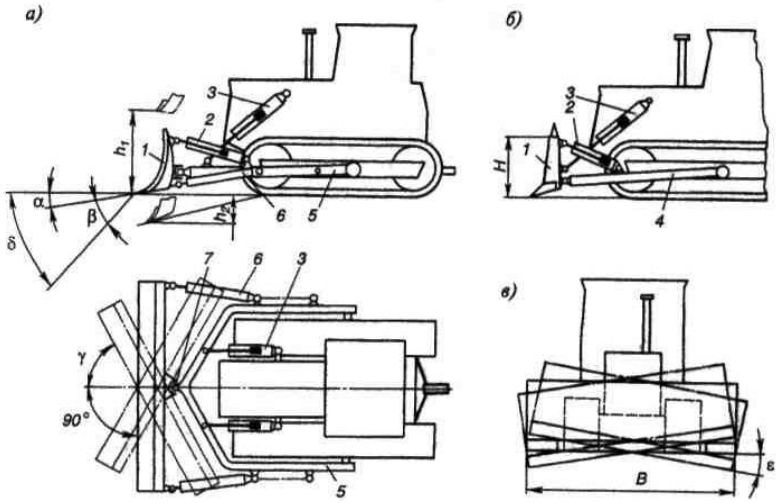

Рис. 1. Схемы устройств и основные параметры бульдозеров:
а) с поворотным отвалом; б) с неповоротным отвалом; в) поперечный перекос отвала

Таблица 2. **Технические характеристики бульдозеров**

Показатель	ДЗ-42Г	ДЗ-110А	ДЗ-130	ДЗ-171.1	ДЗ-134	ДЗ-135	МК-24	ДЗ-48
Базовый трактор	ДТ-75МР	Т-130.1	Т-130.1 Г-1	Т-170 М.01	Т10М	Т10М	Т170 М1Б.01	К-702
Длина отвала, мм	2560	3220	4120	3200	4260	3730	4820	3640
Высота отвала, мм	804	1150	1170	1300	1350	1500	1000	1480
Подъем отвала, мм	600	900	1030	935	1220	1190	800	1050
Заглубление отвала, мм	200	500	440	400	470	550	600	540
Угол резания, град	55	55±5	55±5	55±5	55±5	55±5	55±5	55±5
Угол перекоса, град	0	±6	±6	±12	–	–	±4	–
Масса, кг	7000	16300	16673	17480	21210	24520	19600	18140

Для разравнивания кавальеров открытых оросительных каналов, засыпки траншей, каналов рвов, планировки торфяных полей и других работ применяют бульдозеры-кавальероразравниватели.

Особенности конструкции бульдозера ДЗ-171.1

Бульдозер ДЗ-171.1 (лист 2) состоит из базового трактора *22* и рабочего оборудования *2*.

Рабочее оборудование с шарнирным креплением отвала к брусьям обладает универсальностью, технологичностью изготовления и сборки, обеспечивает выполнение большого количества операций, повышает производительность на 25–30% за счет изменения положения рабочего органа в вертикальной плоскости.

В рабочем оборудовании бульдозера ДЗ-171.1 брусья прикреплены шарнирно к отвалу. Благодаря этому поперечный перекос его (в вертикальной плоскости) осуществляется гидравлически на угол 12° в каждую сторону. Это позволяет более точно планировать поверхность, разрабатывать более прочные и смерзшиеся материалы за счет использования углов отвала, нарезать угловыми ножами кюветы.

Рабочее оборудование состоит из отвала *2*, двух толкающих брусьев *7* и *16*, гидрораскоса *17*, винтового раскоса *4*, механизма компенсации (подкоса) *6* и двух упряжных шарниров *8*, которыми оборудование крепят к рамам гусеничных тележек трактора. Шарнир соединения отвала *2* с толкающими брусьями *7* и *16* представляет собой крестовину *26* и *5*, к которой на двух взаимно перпендикулярных пальцах *25* шарнирно установлены отвал *2* в толкающие брусья *7* и *16*. Шарниры позволяют толкающим брусьям поворачиваться в вертикальной и горизонтальной плоскостях при перекосе отвала. Гидрораскос *17* и винтовой жесткий раскос *6*, которые установлены в плоскостях левого и правого толкающих брусьев, удерживают отвал в рабочем положении. Одна сторона раскосов прикреплена к толкающим брусьям, другая – к отвалу с помощью двух пальцев.

Гидрораскос осуществляет перекос отвала в поперечной плоскости и представляет собой гидроцилиндр двойного действия, который включен в гидросистему трактора с помощью шлангов и трубопроводов. При выдвижении штока гидрораскоса бульдозерный отвал поворачивается в поперечной плоскости направо по ходу машины (по часовой стрелке) на угол до 12°; при втягивании его – налево на тот же угол. Упряжной шарнир *8* выполнен в виде цилиндрической опоры *23*, на которой закреплена сферическая втулка *12* с помощью шайбы *14* и болтов *11*. Втулку охватывают две разрезные полусферы *15,* одна из которых приварена к концу толкающего бруса, другая прикреплена к втулке двумя болтами *9* с гайками. Для регулирования зазора в упряжном шарнире между полусферами размещены съемные прокладки *10*. С целью защиты поверхностей трения от попадания абразивных частиц шарнир защищен резиновыми кольцами *13*. Смазочный материал подается в шарнир через пресс-масленку.

Механизм компенсации 6 представляет собой цилиндрическую тягу с проушинами, который одной стороной шарнирно связан с правым толкающим брусом *7*, другой – с поперечным шарниром *24*, размещенным в зоне продольной оси на кронштейне левого толкающего бруса *16*. В кронштейне установлен палец *27* с резьбовым концом. Для облегчения сборки деталей используют монтажные прокладки *20*. Механизм компенсации обеспечивает устойчивость отвала в горизонтальной плоскости и позволяет передать поперечные нагрузки равномерно двум толкающим брусьям.

Оборудование поднимают и опускают с помощью двух гидроцилиндров *21* двойного действия. Их штоки прикреплены к отвалу шарнирно через кронштейны *3*. Противоположные штокам концы гидроцилиндра присоединены к трактору.

Отвал представляет собой лобовой лист криволинейного профиля, обеспечивающего минимальную энергоемкость копания и снижающего залипание грунта. Сзади по всей длине листа приварены верхний *29* и нижний *28* пояса жесткости, а также соединительный лист, в результате чего образуется объемная металлоконструкция. Торцы отвала закрыты боковыми щеками, к которым приварены вертикальные ножи со скошенной режущей кромкой. В щеках сделаны отверстия для крепления уширителей и открылков.

Нижняя часть лобового листа образует подножевую плиту, которая сзади отвала подперта рядом продольных приваренных косынок. На подножевую плиту установлены два средних и два литых боковых ножа *1*. Верхняя часть лобового листа переходит в козырек. Толкающие брусья служат для передачи тягового усилия от трактора к отвалу. К передним торцам брусьев приварены литые проушины для крепления через крестовины *5* и *26* к отвалу, сзади – полусферы опоры *15* упряжных шарниров. Сверху на коробке брусьев приварены кронштейны *30* для установки винтового раскоса *4* и гидрораскоса *17*.

Винтовой раскос *4* служит для механического изменения угла резания ножей в диапазоне ±10° от среднего угла установки, равного 55°, и выравнивания отвала в прямое положение после сборки. Раскос представляет собой трубу, с одной стороны которой выполнено резьбовое отверстие, а с другой вставлена свободно вращающаяся проушина. В резьбовую часть трубы ввернут винт с головкой, в отверстие которой запрессован шарнирный подшипник. Поверхности трения винта к проушины смазываются с помощью масленок. Винт защищен от грязи уплотнением.

При навинчивании трубы на винт с помощью рукоятки *31*, установленной в патрубок, уменьшают угол резания отвала. Увеличивая межцентровое расстояние раскоса, соответственно увеличивают угол установки отвала. При работе на легких грунтах увеличивают угол резания, при разработке тяжелых и липких материалов – уменьшают.

Стружка грунта самостоятельно отделяется от верхнего козырька отвала в случае подбора оптимального угла резания.

Особенности конструкции бульдозера ДЗ-42Г

Рабочим оборудованием бульдозера ДЗ-42Г является отвал навешиваемый спереди базовой машины *18* и управляемый с помощью гидравлического привода *8*, кроме того, к рабочему оборудованию относится и дополнительное оборудование, навешиваемое сзади трактора (рыхлитель) и прикрепляемое к бульдозерному отвалу (уширители, открылки, удлинители). Оно позволяет повышать эффективность работы и производительность бульдозера в различных эксплуатационных условиях.

Рабочее оборудование с неповоротным отвалом крепят к толкающим брусьям жестко или шарнирно.

Бульдозерный отвал *4* представляет собой пространственную сварную металлоконструкцию. К лобовому листу полукруглого профиля сзади по всей длине приварены верхний и нижний пояса жесткости *19*. При этом образуются листовые коробки. Верхняя и нижняя коробки связаны между собой дополнительным листом, что в совокупности образует опорную поверхность. К ней по бокам приваривают жестко два толкающих бруса *3* и в центре – сварной кронштейн *20* для крепления гидроцилиндра *8* механизма подъема и опускания оборудования.

В свободный конец каждого бруса вварена, вильчатая опора. В консольных частях опоры сделаны симметричные отверстия, в которые вставлен палец *1*, фиксирующий оборудование на поперечной балке *13*.

Торцы отвала закрыты двумя боковыми щеками *21*. Сверху к отвалу приварен козырек *6*.

На боковых щеках *21* выполнены посадочные отверстия для крепления съемных открылков или уширителей отвала. Открылки специальной формы изготовлены из листа и прикреплены к щекам болтами с гайками. Открылки дают возможность создавать перед отвалом призму волочения материала большего объема и сокращать утечку материала в боковые валики. Уширители используют при работе с легкими насыпными материалами.

Поперечная балка *13* выполняется треугольного или прямоугольного сечения, к которой шарнирно крепят оборудование, сварена из листового проката. Ее крепят в средней части трактора. В концы балки вварены цилиндрические оси *22* с кольцевыми проточками. В них вставляют спорные вкладыши *2* и пальцы *1*. Благодаря этому отвал может поворачиваться на толкающих брусьях вокруг поперечной балки *13* и фиксироваться в продольном и поперечном направлениях. Для крепления балки *13* к раме трактора служат болты *14* и упоры *15*.

Механизм подъема и опускания отвала приводится в действие от гидросистемы трактора.

В «плавающем» положении отвал под действием силы тяжести может занимать любой уровень, опираясь ножами на рабочую поверхность. Такое положение отвала используют на планировочных работах задним ходом.

Силовой кронштейн *11* представляет собой объемную металлоконструкцию, располагаемую снаружи радиатора трактора. Капот передает нагрузку от гидроцилиндра *8* на раму трактора. Спереди кронштейна установлен усиленный лист, который предохраняет переднюю решетку и радиатор трактора от случайной деформации и разрушения при переваливании строительных обломков, крупнокусковых материалов через козырек отвала.

2.2 Грейдеры и автогрейдеры
Изучение технической характеристики, кинематической схемы, устройства и работы механизмов, устройства, работы и регулировок узлов гидравлической системы автогрейдеров

Автогрейдеры являются землеройно-транспортными машинами послойной разработки грунта и предназначены для планировки и профилирования поверхности грунта, возведения невысоких насыпей, перемещения грунта и дорожно-строительных материалов, планировки откосов, выемок и насыпей, устройства корыт и боковых канав, смешивания грунтов с добавками органических и минеральных вяжущих материалов на полотне дороги а также для очистки дорог и площадей от снега. Грейдеры и автогрейдеры широко применяют в дорожном строительстве как основные машины для выполнения земляных работ, начиная с подготовительных и кончая профилированием земляного полотна; при ремонте и содержании автомобильных дорог; при строительстве железных дорог и аэродромов; в гидротехническом и мелиоративном строительстве.

Грейдеры и автогрейдеры так же, как и бульдозеры, имеют рабочий орган, выполненный в виде отвала с ножом. Расположение отвала автогрейдера между передними и задними колесами отвала дает им существенное преимущество – позволяет выполнять точные планировочные работы. Бульдозером же можно выполнять только грубую планировку.

Автогрейдеры могут иметь дополнительное бульдозерное рабочее оборудование, а также рыхлительное оборудование (кирковщик) и грунтоуплотняющее оборудование (вальцовый каток).

Грейдеры бывают прицепными, полунавесными и самоходными (автогрейдеры). Полунавесной грейдер отличается от прицепного в основном отсутствием передней оси и поэтому меньшей базой и лучшей маневренностью. Прицепные и полунавесные грейдеры предназначены для работы в сцепе с гусеничными тракторами. Основные преимущества прицепных грейдеров – их простота и невысокая стоимость.

Автогрейдеры обладают рядом существенных преимуществ по сравнению с прицепными грейдерами:

1. автогрейдеры обслуживает один грейдерист (для этой же работы прицепной машины требуется двое – грейдерист и тракторист);
2. работа грейдериста на прицепной машине требует больших физических усилий;
3. автогрейдер может передвигаться с одного объекта на другой с транспортной скоростью 30–45 км/ч, причем по дорогам с усовершенствованным покрытием. Прицепные грейдеры с гусеничными тракторами перемещаются со скоростью 8–10 км/ч, причем только по грунтовым дорогам.

В зависимости от тягового класса трактора агрегатируемого с грейдером они подразделяются на легкие – тяговый класс 3–4 (рабочая скорость 2–4 км/час) и тяжелые – тяговый класс 10–15 (рабочая скорость 2–3,5 км/час).

Автогрейдеры **классифицируют** по мощности установленного двигателя, конструкции рабочего органа, типу трансмиссии и колесной схеме.

По мощности двигателя автогрейдеры делятся на классы: класс 100 – мощность двигателя 45–75 кВт; класс 140 – 80–120 кВт; класс 180 – 120–160 кВт; класс 250 – 160–220 кВт. Автогрейдеры класса 100 относят к легкому типу, класса 140 – среднему, класса 180 – полутяжелому, класса 250 – тяжелому типу.

По конструкции рабочего органа различают автогрейдеры с неполноповоротным в плане грейдерным отвалом (угол поворота ±32–45º) и автогрейдеры с полноповоротным отвалом.

По типу трансмиссии различают автогрейдеры с механической и гидромеханической трансмиссией.

Для характеристики автогрейдера применяют колесную формулу А×Б×В, где А обозначает число осей с управляемыми колесами; Б – число осей с ведущими колесами; В – общее число осей. Наиболее распространены следующие колесные формулы: 1×2×3, 2×2×2 и 1×1×2.

Автогрейдеры с тремя осями (1×2×3) отличаются устойчивым прямолинейным движением, что является их существенным преимуществом при больших объемах планировочных работ на длинных участках.

Главными параметрами автогрейдеров являются мощность двигателя и масса.

Основные параметры. К этим параметрам автогрейдера (лист 9) относят мощность двигателя, скорость движения автогрейдера, параметры отвала (длина, высота, величина заглубления, высота подъема, величина бокового выноса), габаритные размеры автогрейдера, эксплуатационную массу.

Технические характеристики автогрейдеров приведены в таблице 1.

Таблица 1. **Технические характеристики автогрейдеров**

Показатель	ГС-10.01	ДЗ-143	ДЗ-122Б	ГС-18.07	ДЗ-198	ДЗ-98В	ДЗ-140А
Класс	100	140	140	180	250	250	250
Мощность двигателя, кВт	58,7	100	110,3	147	160	173	184
Тип трансмиссии	мех.	мех.	г.мех.	г.мех.	г.мех.	мех.	г.мех.
Скорость движения, км/час	1,7–35	4–38	7,4–43	3,2–38	4,8–43	3,5–46	4–40
Колесная формула	1×1×2	1×2×3	1×2×3	1×2×3	1×2×3	1×3×3	1×2×3
Длина отвала, мм	3040	3740	3744	4270	3660	4200	4830
Высота отвала, мм	470	620	632	700	630	700	800
Заглубление отвала, мм	350	250	250	–	450	500	500
Боковой вынос отвала, мм	600	800	800	–	800	1050	910
Угол зачистки откосов, град	0–45	0–90	0–90	0–90	0–90	0–90	0–90
Эксплуатационная масса, кг	7500	13500	13900	16000	16600	19800	24000

Особенности конструкции автогрейдера ДЗ-122Б

Автогрейдер среднего типа ДЗ-122Б (лист 9) с задними ведущими и передними управляемыми колесами оборудован основными рабочими органами – отвалом *19* и кирковщиком *21*. Передние управляемые колеса могут наклоняться в обе стороны.

Автогрейдер (лист 9) состоит из двигателя *1*; трансмиссии, включающей в себя сцепление, коробку передач *5*, карданную передачу и задний мост *2*; ходовой части, состоящей из основной рамы *10*, передней оси *11*, ступиц колес, колес с шинами; механизмов управления, включающих в себя гидравлическое рулевое управление *7* и тормоза; гидросистемы *8, 12, 18*

и *20*; системы электрооборудования; приборов; кабины *6* с облицовкой и оперением; рабочего оборудования, состоящего из тяговой рамы *9* с поворотным кругом *17*, отвалом *19*.

Крутящий момент от двигателя *1* к задним ведущим колесам *22* передается с помощью сцепления *24* верхнего карданного вала *4*, двойной главной передачи, полуосей и редуктора *23* балансира.

Рама автогрейдера *10* сварной конструкции состоит из основной балки коробчатого сечения и подмоторной задней части, которая включает в себя два лонжерона, соединенных сзади поперечной балкой, а впереди – трубой, которая является баком *25* гидросистемы.

Двигатель *1* с системами трансмиссии и кабина *6* с облицовкой и оперением установлены на подмоторной раме. К нижней части подмоторной рамы шарнирно прикреплен задний мост. К литому кронштейну, приваренному в передней части основной балки, шарнирно крепят переднюю ось *11* и тяговую раму *9*.

Передняя ось сварной конструкции состоит из механизма поворота колес, механизма наклона колес и ступиц колес с деталями крепления.

Балка передней оси воспринимает все нагрузки, приходящиеся на переднюю ось, и соединена с основной рамой автогрейдера шарнирно (осью качания) в средней части, что обеспечивает качание передней оси относительно основной рамы автогрейдера.

Рулевое управление включает в себя рулевое колесо, карданную передачу, рулевой механизм с гидроусилителем *7* и систему рычагов и тяг механизма поворота передних управляемых колес.

Гидросистема служит для привода гидроусилителя рулевого управления, гидроусилителя сцепления, гидроусилителя привода колесных (ножных) тормозов, для наклона передних колес и управления рабочим оборудованием. Система состоит из масляного бака *25*, фильтра, гидронасосов типов НШ-10Е и НШ-46У, гидрораспределителя, шести гидроцилиндров, двух гидроцилиндров *8* подъема и опускания отвала, гидроцилиндра *18* изменения угла резания, гидроцилиндра *20* выноса отвала, гидроцилиндра *12* подъема и опускания кирковщика (бульдозерного отвала) и гидроцилиндра *15* наклона управляемых колес, механизма *16* поворота отвала, гидроусилителя *7* рулевого управления, гидроусилителя сцепления, гидроусилителя привода колесных (ножных) тормозов, запорных клапанов (гидрозамков), установленных непосредственно на двух гидроцилиндрах подъема и опускания отвала, запорных клапанов (гидрозамков) для гидроцилиндров подъема и опускания кирковщика и наклона передних управляемых колес (запорные клапаны установлены на основной раме автогрейдера), соединительных трубопроводов и рукавов.

Отвал автогрейдера – с нижними и боковыми ножами, рабочие поверхности которых наплавлены износостойким твердым сплавом. В зависимости от выполняемых работ отвал может занимать различные положения (поворот в плане на 360°, подъем и опускание, наклон в обе стороны в вертикальных плоскостях, вынос в обе стороны с наклоном к горизонту от 0 до 90°). Отвал можно устанавливать под различными углами резания, что достигается изменением положения с помощью гидроцилиндра *18*. Отвал поворачивают в плане с помощью механизма поворота *16*, состоящего из гидромотора и червячного редуктора. Рабочим оборудованием и наклоном передних управляемых колес управляют из кабины машиниста автогрейдера с помощью гидропривода.

К основному рабочему оборудованию автогрейдера (лист 10) относятся отвал 5 с тяговой рамой *4*, механизмы подвески тяговой рамы и поворота отвала.

Отвал с тяговой рамой автогрейдера ДЗ-122Б (лист 10) аналогичен по конструкции для всех автогрейдеров. Отвал *5* выполнен из листовой стали. Лобовой лист цилиндрической формы усилен с задней стороны листами, образующими коробчатое сечение. К лобовому листу крепят режущие *24* и боковые *25* ножи. Кронштейны *13* вместе с отвалом *5* прикреплены к поворотному кругу *14* и образуют таким образом единую сборочную единицу. С помощью

поворотного круга *14* отвал может поворачиваться в плане в любую сторону на 360° от гидромотора *23* через редуктор *7*.

Поворотный круг *14* накладками *16* и *19* прикреплен к тяговой раме *4*. Вырез накладок предотвращает вертикальное и боковое смещения поворотного круга. Для свободного, без заедания, поворота круга между накладками *16* и *19* предусмотрены регулировочные прокладки *9*, *15* и *18*, обеспечивающие вертикальный зазор между поверхностями круга и накладок в пределах 1–3 мм. Стягиваются указанные детали болтом *26*. Боковой зазор между накладками и торцом поворотного круга в пределах 0,5–1,5 мм регулируют болтами *17*.

Тяговая рама представляет собой конструкцию, состоящую из продольной *4* и поперечной балок *10*. На поперечной балке предусмотрены места для крепления поворотного круга и установлены шаровые пальцы *27* подвески тяговой рамы. На переднем конце продольной балки закреплен шкворень *1*, который с помощью опоры *3* соединяет тяговую раму с головкой основной рамы автогрейдера. Через шаровой шкворень *1* передается все тяговое усилие от ведущих колес автогрейдера к отвалу.

2.3 Скреперы

Изучение технической характеристики, кинематической схемы, устройства и работы механизмов, устройства, работы и регулировок узлов гидравлической системы скреперов

Скрепер является самоходной или прицепной землеройно-транспортной машиной, рабочим органом которой является ковш на пневмоколесах, снабженный в нижней части ножами для срезания слоя грунта. Скреперы предназначены для послойного срезания грунта с набором в ковш, транспортирования, послойной отсыпки, разравнивания и частичного уплотнения грунтов I–II категорий. Скреперы широко применяются в строительстве для выполнения землеройно-транспортных и планировочных работ. С использованием скреперов можно выполнять инженерную подготовку территорий под застройку, планировку кварталов, возведение насыпей, разработку широких траншей и выемок под различные сооружения и искусственные водоемы. Наиболее эффективно скреперы работают на непереувлажненных средних грунтах (супесях, суглинках, черноземах), не содержащих крупных каменистых включений. При разработке скреперами тяжелых грунтов их предварительно рыхлят на толщину срезаемой стружки.

Рабочий цикл скрепера состоит из следующих последовательно выполняемых операций: резание грунта и наполнение ковша, транспортирование грунта, обратных холостой ход (лист 6).

Скреперы **классифицируют** по вместимости ковша, по способу загрузки ковша, по способу разгрузки ковша, по способу агрегатирования, по способу управления рабочим органом.

По вместимости ковша скреперы подразделяются – до 5 м^3 – малой емкости, 5–15м^3 – средней, свыше 15 м^3 – большой емкости.

По способу загрузки ковша различают скреперы, загружающиеся под воздействием силы тяги при движении машины; с механизированной (элеваторной) загрузкой.

По способу разгрузки ковша бывают скреперы со свободной (самосвальной) разгрузкой вперед или назад; с полупринудительной разгрузкой; с принудительной разгрузкой.

По способу агрегатирования различают скреперы прицепные к гусеничным или колесным тракторам и тягачам; полуприцепные одноосные, передающие часть нагрузки двухосному колесному тягачу, колесному или гусеничному трактору; самоходные пневмоколесные или гусеничные, у которых тягач и скрепер представляют собой единую машину и использование тягача без скрепера невозможно; самоходные скреперные поезда, состоящие из двух или более агрегатов.

По способу управления различаются скреперы с гидравлическим и электрогидравлическим управлением.

Преимуществом прицепных скреперов с гусеничными тракторами является высокая проходимость, обеспечивающая работоспособность машины на влажных грунтах, на затяжных и крутых подъемах, в тяжелых условиях бездорожья. Однако низкие транспортные скорости тракторов (10–13 км/ч) ограничивают экономически целесообразную дальность транспортировки грунта до 500–800 м. Самоходные скреперы более маневренные, мобильные и более производительные по сравнению с прицепными машинами той же вместимости. Дальность транспортировки грунта самоходными скреперами экономически эффективна до 5000 м.

Технические характеристики скреперов даны в таблицах 1 и 2.

Главный параметр скреперов – вместимость ковша.

Основные параметры. К этим параметрам скрепера (лист 7) относят вместимость ковша, ширину режущей кромки ковша, величину заглубления, толщину отсыпаемого слоя грунта, скорость движения скрепера при наборе и при транспортировании грунта, габаритные размеры скрепера и его массу.

Таблица 1. **Технические характеристики прицепных скреперов**

Показатель	ДЗ-33А	ДЗ-149-5	ДЗ-77А	ДЗ-172.1	ДЗ-79А
Вместимость ковша	3	8	8,8	8,8	15
Базовый трактор	ДТ-75РС2	К-701	Т-170.01.2	Т-170М.01	Т-330
Ширина захвата, мм	2100	2580	2754	2650	3126
Глубина резания, мм	200	150	170	180	350
Толщина слоя отсыпки, мм	300	400	400	450	500
Масса, кг	2750	9800	9760	10500	18300

Таблица 2. **Технические характеристики полуприцепных и самоходных скреперов**

Показатель	ДЗ-87-1А	ДЗ-11П	ДЗ-13А	ДЗ-115	ДЗ-107-2
Вместимость ковша	4,5	8	15	15	25
Тягач	Т-150К	МоАЗ-546П	БелАЗ-531	БелАЗ-531	БелАЗ-531
Ширина захвата, мм	2340	2820	2850	2926	3550
Глубина резания, мм	150	300	350	350	410
Толщина слоя отсыпки, мм	380	475	300	500	500
Масса, кг	12300	20000	31500	44300	68000

Особенности конструкции прицепного скрепера ДЗ-77А

Прицепные скреперы (лист 7) состоят из базового гусеничного трактора *1* и скреперного оборудования *9*, соединенных между собой с помощью буксирного крюка на тракторе и тягового дышла. Управление рабочим оборудованием этих скреперов осуществляется от гидравлического привода, установленного на тракторе. Благодаря высоким тяговым каче-

ствам базовых тракторов прицепные скреперы, как правило, обеспечивают самостоятельный набор грунта. Однако при разработке особо тяжелых грунтов работают одновременно по 3–5 скреперов, имеющих тракторы-толкачи.

Прицепной скрепер ДЗ-77А является двухосной машиной, типовая конструкция которой показана на плакате 7. Тяговое усилие трактора *1* через дышло и переднюю ось *3* передается передней (тяговой) раме *4* скрепера. Передняя рама с помощью кронштейнов и гидроцилиндров *5* соединена с ковшом *9*, который во время работы скрепера может подниматься вверх и опускаться.

Ковш скрепера служит емкостью для разрабатываемого грунта и одновременно является несущей конструкцией, заменяющей раму для восприятия нагрузок от массы и тяги.

В задней части ковша размещается задняя стенка *10* и буфер *13*, предназначенный для крепления колес, а также для упора трактора-толкача. В передней части ковша имеется передняя заслонка *8*, которая с помощью шарниров и пальцев крепится к боковым стенкам ковша. Подъем и опускание заслонки производится гидроцилиндром *6*. Задняя стенка *10* при загрузке ковша выдвигается вперед с помощью гидроцилиндра *11*. Для предотвращения перекоса при движении задней, стенки на ней установлены боковые ролики *18*, катящиеся по направляющим боковых стенок ковша. Кроме того, задняя стенка опирается на ролики *17*.

Гидравлическая система скрепера (лист 5) включает в себя бак *1*, фильтр *2*, насос *8* и гидрораспределитель *3*, устанавливаемые на базовом тракторе, а также гидроцилиндры *4, 6* и *7* и трубопроводы.

Особенности конструкции самоходного скрепера ДЗ-13А

Технологическая часть агрегата выполнена аналогично скреперу ДЗ-77А и отличается от него лишь некоторыми конструктивными особенностями. Скрепер состоит из ковша *5* с разгружающей стенкой *6* и передней заслонкой *4*. Спереди снизу ковш оснащен основными *15* и боковыми *16* ножами. Сзади к ковшу посредством поперечных связей присоединен буфер *8*, на котором смонтированы задние ходовые колеса *12*. Ковш *5* посредством хобота *3* тяговой рамы присоединен к поворотносцепному устройству одноосного тягача *1*.

Тягач *1* в этом агрегате заменяет переднюю ось обычного прицепного скрепера. Колеса этой оси ведущие, и для их привода на тягаче установлены двигатель и трансмиссия, а для управления – кабина с рабочим местом водителя.

Рулевое управление агрегата осуществляется путем поворотов в плане тягача относительно прицепного скрепера посредством гидросистемы рулевого механизма, исполнительными органами которой служат рулевые гидроцилиндры *17*. При помощи гидроцилиндров *17* тягач может поворачиваться в плане на угол 90º вправо или влево относительно, скрепера, чем обеспечивается минимально возможный радиус поворота агрегата а пределах его габарита по длине.

Поворот тягача в плане осуществляется вокруг общей оси двух соосных вертикальных шкворней в кроштейне *18*, сочленяющих оголовок хобота тяговой рамы *3* скрепера с кронштейном поворотно-сцепного устройства. Кронштейн имеет вытянутую назад по ходу консоль, оканчивающуюся поперечиной. К поперечине шарнирно присоединены корпуса рулевых гидроцилиндров *17*. Головки штоков этих цилиндров соединены шарнирами с боковыми проушинами *18* оголовка хобота *3*. При работе цилиндров их штоки опираются на проушины оголовка хобота, а корпуса – на поперечину консоли кронштейна и, воздействуя на последнюю, поворачивают кронштейн относительно хобота.

Ходовое колесо скрепера ДЗ-13А устроено аналогично колесу скрепера ДЗ-77А. Разница заключается в измененной конструкции полуоси и ее крепления к буферу, а также в наличии тормозов. Для скрепера ДЗ-13А тормоза необходимы из-за больших скоростей (до 40 км/ч), в три с лишним раза превышающих скорость движения скрепера ДЗ-77А.

Гидравлическое управление рабочим органом скрепера выполнено аналогично гидроуправлению скрепера ДЗ-77А: имеются два цилиндра *14* подъема – опускания ковша, два цилиндра управления передней заслонкой *13* и два цилиндра *9* привода задней стенки. Последние два цилиндра являются основным отличием гидросистемы скрепера ДЗ-13А от скрепера ДЗ-77А. Это вызвано стремлением к унификации: у скрепера ДЗ-13А все шесть гидроцилиндров одинаковы по конструкции и размерам (диаметру поршня и ходу штока). Насосы, распределитель и масляный бак гидросистемы расположены на тягаче. Насосы приводятся в действие от двигателя тягача.

2.4. Динамический расчет землеройных и землеройно-транспортных машин

Особенности устройства систем автоматического управления рабочими органами землеройно-транспортных машин

В настоящее время на землеройно-транспортных машинах для повышения точности планировки участков, повышения производительности машин и снижения утомляемости машинистов широко используются системы автоматического управления рабочим органом.

На бульдозере ДЗ-110А-1 установлена система автоматики «Комбиплан-10Л». Она обеспечивает автоматизированное управление гидроцилиндрами подъема-опускания и перекоса отвала. Работает система в двух автоматических режимах: копирном, когда стабилизация положения отвала но высоте относительно опорной плоскости создается лазерным излучателем и автономном, когда уровень отвала по высоте и при переносе сохраняется по сигналам преобразователей угловых положений.

На скреперах ДЗ-77А устанавливают системы автоматики «Стабилоплан-10» и «Копир-Стабилоплан». В систему автоматического управления ковшом скрепера включены унифицированные приборы и аппараты, устанавливаемые на автоматизированном бульдозере.

Система «Стабилоплан-10» служит для стабилизации ковша скрепера по заданному углу для планировки. Она работает следующим образом. При отклонении от заданного машинистом на пульте управления угла положения ковша по отношению к горизонту маятник преобразователя углового положения, установленного на задней оси скрепера, также отклоняется и подает электрический сигнал на электромагниты гидрораспределителя, который управляет гидроцилиндрами подъема и опускания ковша. Если при движении скрепера по неровной грунтовой поверхности ковш опускается, то благодаря команде преобразователя углового положения гидрораспределитель направляет рабочую жидкость от насоса в полость подъема гидроцилиндра и наоборот. Таким образом создается стабильное положение ковша по заданному углу для планировки.

Система «Копир-Стабилоплан» кроме описанного выше устройства, называемого автономным, включает в себя также устройства для стабилизации положения ковша по высоте относительно опорной поверхности, создаваемого лучом лазерного излучателя. Такой режим называется копирным. Для работы в копирном режиме на ковше скрепера устанавливают фотоприемное устройство, а в кабине трактора – индикатор. В гидросистеме скрепера в этом случае устанавливают два дополнительных гидроцилиндра с электрогидравлическим управлением. Автоматическое управление положением ковша по высоте поддерживается с помощью лазерного излучателя, установленного на краю планируемого участка, от которого создается стабилизированный опорный луч с заданным уклоном. Фотоприемное устройство, установленное на ковше, своими светочувствительными элементами все время находится в плоскости опорного луча, трансформирует его на фотодиод, который преобразует луч в электрический сигнал. При смещении фотоприемного устройства по высоте в процессе движения скрепера по неровному участку светочувствительные элементы выходят из опорного луча вверх или вниз. На электромагниты одного из гидрораспределителей в кабине подается

соответствующая команда и гидроцилиндры перемещают ковш до восстановления фотоприемного устройства относительно опорного луча.

Таким образом, режущая кромка ножей ковша скрепера как бы копирует с известной точностью стабилизированный опорный луч на планируемой поверхности грунта. Так как оптический луч довольно значителен по радиусу действия, то на базе одного лазерного излучателя могут работать до 10 скреперов, оборудованных системой «Копир-Стабилоплан».

На автогрейдерах широко применяются автоматические системы управления отвалом «Профиль-10», «Профиль-20», «Профиль-30».

Система «Профиль-10» предназначена для автоматического обеспечения заданного углового положения отвала автогрейдера в поперечной плоскости независимо от поперечного профиля полотна и применяется при окончательной отделке или планировании поверхности. Она может работать как в режиме ручного управления отвалом, так и в автоматическом.

Система «Профиль-20» как и система «Профиль-10» предназначена для обеспечения постоянного положения отвала в поперечной плоскости, а также автоматического управления его положением по высоте. Основное отличие системы «Профиль-20» – использование преобразователя продольного профиля с подъемным устройством отвала.

2.5 Землеройно-фрезерные машины

Землеройно – фрезерные машины (ЗМФ) принимаются для послойной разработки мерзлого грунта при строительстве дорог, различного рода планировочных работах, а также взламывания асфальтобетонных дорожных покрытий с последующей экскавацией разрушенных материалов бульдозером.

Рабочий орган ЗМФ – фреза диаметром 900-1200 мм, представляющая собой горизонтальный полый вал с приваренными перпендикулярно его оси кронштейнами, которые оснащены сменными режущими наконечниками (клыками) с износостойкой твердосплавной наплавкой. Кронштейны в количестве от 21 до 26 расположены на валу по одной или двум винтовым линиям, расходящимся от середины вала. Такая расстановка кронштейнов обеспечивает определенную последовательность работы каждого резца, минимальную энергоемкость процесса фрезерования, ровность планируемой поверхности, а также транспортирование части разрушенного грунта к краям обрабатываемой полосы.

ЗФМ базируются на серийных гусеничных бульдозерах с номинальным тяговым усилием 100-150 кН. ЗФМ ДП – 31АХЛ на базе трактора Т-130.1.Г.1. (рис. 2) оборудована фрезерным рабочим органом *6* с приводом *1*, механизмом навески. Гидроприводом *3* подъема и опускания рабочего органа, а также бульдозерным отвалом. Рабочий орган *6* навешен на трактор посредством четырехзвенного шарнирного механизма, звеньями которого являются корпус редуктора *2* отбора мощности, бортовые редукторы *7*, тяги *4* и нижняя рама *8*.

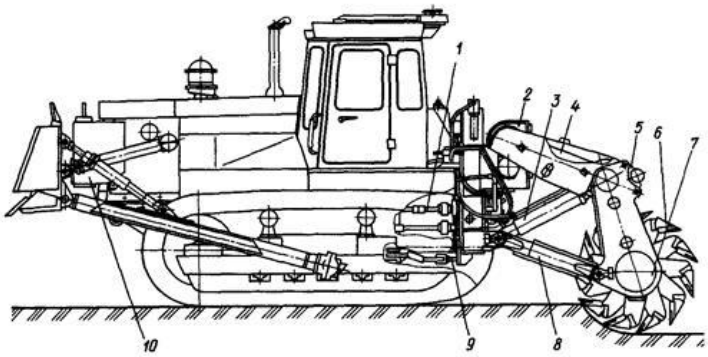

Рис.2 Машина ДП-31АХЛ послойного фрезерования грунта

Бортовые редукторы *7* жестко связаны между собой балкой *5,* на кронштейнах которой смонтированы ведомые звездочки цепных передач.

Привод вращения рабочего органа состоит из редуктора отбора мощности, цепных передач и бортовых редукторов. Входной вал редуктора получает вращение от вала отбора мощности трактора. На выходном валу редуктора смонтированы ведущие звездочки цепных передач. Ведомые звездочки связаны с приводными валами бортовых редукторов. В конструкции использованы однорядные втулочно – роликовые цепи.

Гидропривод подъема и опускания рабочего органа состоит из двух гидроцилиндров *3,* симметрично расположенных относительно середины фрезы.

Для снижения скорости движения трактора при фрезеровании грунта машина оборудована гидромеханическим ходоуменьшителем с приводом *9* от вала отбора мощности. Для уравновешивания фрезерного рабочего оборудования в транспортном положении и при работе отвалом бульдозера имеется противовес *10* укрепленный в передней части машины.

Основным недостатком ЗМФ является интенсивный абразивный износ режущих элементов.

Современные ЗМФ за один проход обрабатывают полосу грунта шириной 2,6-3,4 м при глубине фрезерования 0,25-0,35 м. После каждого прохода фрезой разрушенный грунт убирается бульдозерным отвалом. Производительность ЗМФ при разработке мерзлого грунта составляет 140-400 $м^3$/ч.

Траншейные экскаваторы (цепные и роторные) широко применяются для разработки мерзлых песчано-глинистых грунтов. Регулируя скорость передвижения и применяя различные типы режущей части рабочего органа, одни и те же модели машин можно использовать для разработки как обычных, так и мерзлых грунтов. Это достигается применением суженных зубьев–клыков и модульным размещением ковшей на роторе или цепи. Сужение зубьев необходимо для сосредоточения усилий резания на узких участках воздействия на грунт. При этом зубьям придаются такие размеры и форма, при которых козырек ковша исключается из процесса резания.

3. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ГИДРОМЕХАНИЗАЦИИ

3.1 Гидромониторы

Гидромонитором называют механизм, предназначенный для создания компактной напорной струи воды и направления ее в нужную часть забоя для разрушения и смыва грунтов или горных пород. Он применяется для разработки выемок (каналы, котлованы и др.) с транспортированием грунта самотеком или под напором землесосной установкой или гидроэлеватором.

Гидромониторы изготовляются стандартного типа (напор 5- 12 *ат)* - для разработки грунтов средней трудности и специального назначения- для разрушения плотных, связных грунтов (напор 15-25 *ат* и более). Гидромониторы бывают дальнего и ближнего боя и для производства кессонных работ.

Наибольшее распространение получили гидромониторы стандартного типа (рис. 1). Выпускают стационарные гидромониторы и передвижные на гусеничном и колесном ходу, на салазках и понтонах.

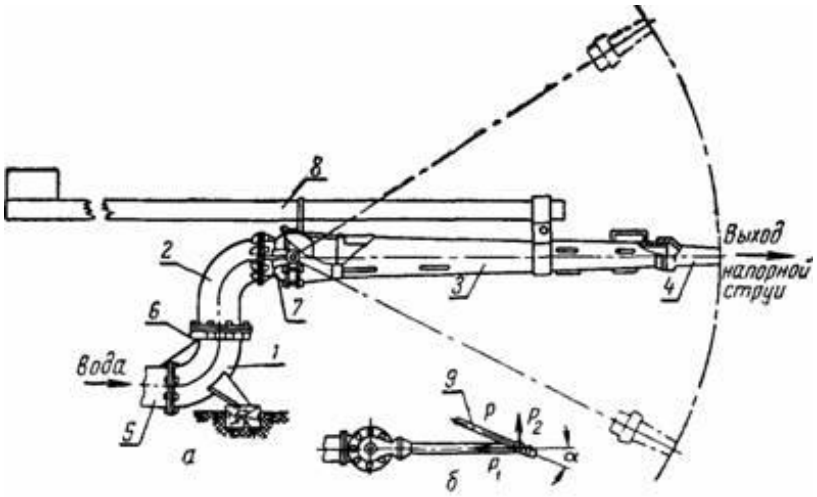

Рис. 1. Гидромонитор:
а - общий вид; б - дефлектор; *1* - неподвижное колено; *2* - подвижное колено; *3* - ствол; *4* - насадка; *5* - трубопровод; *6* - шарнир; *7* - шаровой шарнир; *8* - рычаг-водило; *9* - рукоятка.

Нижнее неподвижное колено *1* и верхнее подвижное колено *2* соединены плоским фланцевым шарниром *6,* который позволяет вращать ствол с насадкой *4* в горизонтальной плоскости на 360°, а ствол и верхнее колено соединены шаровым шарниром 7, допускающим поворот ствола в вертикальной плоскости на 50-70°.

Небольшие гидромониторы обычно управляются рычагом-водилом *8,* один конец которого закреплен неподвижно на стволе, а другой имеет противовес. Для управления крупными и высоконапорными гидромониторами применяют дефлектор (рис. 1, *6*), благодаря которому ствол вращается силой реакции вытекающей струи воды. При отклонении дефлектора рукояткой *9* от оси ствола на небольшой угол сила *?2,* составляющая реакции струи ***P,*** вызывает вращение ствола гидромонитора в сторону наклона рукоятки *9.* Составляющая Р1 стремится сдвинуть гидромонитор назад, но уравновешивается сопротивлением смещению. Поворот дефлектора требует незначительного усилия.

Работа гидромонитором выполняется в следующей последовательности (кроме работ по удалению отвалов с берегов каналов). Гидромонитор устанавливают в забое для разрушения грунта струей воды «снизу вверх» (встречный забой) или «сверху вниз» (попутный забой). У источника воды располагается насосная станция, трубопровод *5* от которой присоединяется к нижнему колену гидромонитора. Гидромониторщик, направляя струю в необходимое место, постепенно вырабатывает забой. Для более эффективной работы вначале забой размывают в нижней части (подрезают). Тогда верхняя часть обрушается. Обрушенный и разрыхленный грунт смывается (транспортируется).

3.2 Землесосные установки и снаряды

Назначение и классификация земснарядов

Землесосный снаряд (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, водоемов, 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 $м^3$/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), двухфрезерным (две цилиндрические фрезы) разрыхлителями, с вибратором, роторно-ковшовым бункерным и безбункерным, многоковшовым цепным, одноковшовым, 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 корпусами.

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.

При выполнении ремонтно-эксплуатационных работ наибольшее применение находят дизельные земснаряды с неразборным корпусом и трюмным размещением энергопитающего агрегата.

Общая схема разработки и транспортирования грунта плавучим землесосным снарядом

На рис. 2 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.

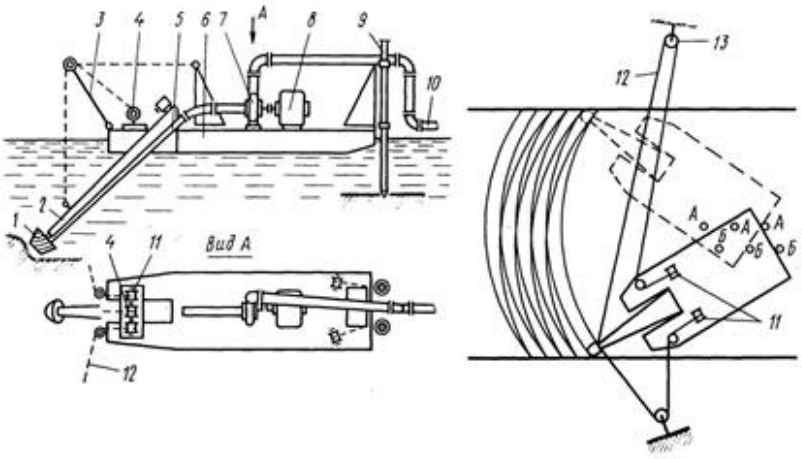

Рис. 2. Схема земснаряда: *а* – вид сбоку и сверху; *б* – схема свайно-тросового папильонирования

В кормовой части корпуса размещены две сваи *9*, управляемые лебедочным механизмом *15*.

Для подъема и опускания рабочего органа в носовой части установлены стойка *3* и лебедка *4*, а для управления канатами *12*, обеспечивающими рабочее перемещение (папильонирование) 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 внедренных в дно свай (А или Б). Поворотное движение осуществляется согласованным выбиранием и стравливанием (отпусканием) канатов *12* лебедками *11*. Канаты должны быть предварительно оттянуты в стороны и заякорены на дне водоема или, если позволяют обстановка и длина канатов, зафиксированы на берегу. По варианту, показанному на рис. 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.

Техническая характеристика наиболее часто применяющихся земснарядов приведена в табл. 1.

Таблица 1. **Технические характеристики земснарядов**

Показатели	УПМ-2	МЗ-6	МЗ-8	МЗ-10	350-50ЛК
Производительность по грунту, $м^3/ч$	30...50	250...300	100...120	17,9	420
Дальность транспортирования пульпы,м	300	1200	600	300	1500
Наибольшая глубина разработки, м: фрезерным рыхлителем черпаковым устройством свободным всасыванием водоструйным устройством	 3,2 3,8 4,5	 6 10	 4 6	 3,2 3,2 4,5 3,2	 11
Минимальная ширина канала, м	6	24	4		
Максимальная ширина прорези, разрабатываемой за один проход, м	10	35...50	24		
Мощность двигателя энергетического модуля, кВт	40	980	220	59	1450
Численность обслуживающего персонала, чел.	2	3	2	2	6
Масса без плавучего пульпопровода, т	14	192,5	34,5	19,15	230

Техническое обслуживание дизель-электрических мелиоративных земснарядов

При ежесменном техническом обслуживании следует прокачивать масляную магистраль до достижения давления 0,15...0,20 МПа. Во время работы двигателя необходимо следить за температурой масла, которая должна быть 60...90 °С, давлением масла, которое должно быть 0,60...0,90 МПа, количеством масла в расходном масляном баке (через стекло). Ежедневно в конце смены необходимо спускать отстой из масляного расходного бака через спускной кран.

Через каждые 100 ч работы двигателя следует полностью менять масло и промывать масляную магистраль. Масло выпускать после прогрева двигателя; при этом надо открыть спускной кран на расходном баке и вывинтить спускную пробку на картере двигателя.

Одновременно со сменой масла очищают масляный фильтр в расходном баке, для чего следует снять горловину бака и сетку на заборном штуцере перед краном.

При заливке топлива необходимо следить за чистотой заливочной горловины топливного отсека, заправочной посуды и шлангов.

Периодически, не реже одного раза в неделю, очищают сетки фильтра забортной воды.

Необходимо следить по термометру за температурой воды. Во время работы двигателя температура воды должна быть не ниже 55 и не выше 95 °С. Рекомендуемая температура 65...85 °С. Температура воды регулируется трехходовым краном. При низкой температуре уменьшают количество воды, идущей в холодильник, и наоборот.

Периодически, не реже одного раза в месяц, следует очищать фильтрующие элементы фильтра грубой очистки и фильтра заливочной горловины топливного отсека. Для очистки фильтрующего элемента фильтра грубой очистки отвернуть боковую пробку на корпусе фильтра.

Во время работы рыхлителя необходимо следить за состоянием подшипников вала головки рыхлителя и их смазкой.

Рабочее оборудование следует менять в таком порядке: вывернуть болты, соединяющие фланец вала привода рыхлителя с зубчатой полумуфтой, сидящей на валу головки рыхлителя; отсоединить болты, соединяющие головку рыхлителя с рамой рабочего оборудования, и снять головку рыхлителя с фрезой; присоединить к раме сосун или сосун со вставкой.

При работе необходимо следить за тем, чтобы тросы папильонажных и становой лебедок были все время в натянутом состоянии. Верхний ролик должен слегка поджимать трос.

При необходимости трос сматывают вручную, при этом выключают кулачковую муфту, соединяющую барабан с шестерней.

Трос вручную наматывают вращением барабана за ручку, которая надевается на квадрат вала барабана. Кулачковая муфта при этом должна быть в выключенном положении.

Очистку пульпопровода проводят при работе земснаряда в грунтах с включениями (камни, сучья, щепа и т. д.), размер которых больше отверстий решетки всасывающего пульпопровода. Некоторые включения, прошедшие через решетку, могут застрять в патрубке или улитке насоса и понизить производительность земснаряда. Если при нормальной длине пульпопровода вакуумметрическое давление стало больше 0,6, а манометрическое – меньше 0,14 МПа, то, следовательно, произошло засорение. В этом случае необходимо выключить грунтовой насос, поднять раму рыхлителя на уровень воды и очистить решетку пульпопровода. Если это не даст положительных результатов, то следует через люк проверить состояние входа патрубка грунтового насоса.

При работе на липких грунтах (глина, суглинок и др.) может также забиться грунтом рефулер напорного пульпопровода. Для очистки рефулера необходимо поднять фрезу забоя и промыть пульпопровод чистой водой до установления нормальных давлений как по вакуумметру, так и по манометру. Если промывка пульпопровода не дает положительных результатов, то следует поочередно отвинтить пробки на напорной трубе и установить место засорения. После прочистки и сборки пульпопровода необходимо его снова промыть до полного удаления грунта

При большой консистенции пульпы, когда ее струя имеет клинообразную форму с расширением от трубы к месту сброса и темный цвет, необходимо через каждые 30...40 мин работы земснаряда промывать пульпопровод чистой водой в течение 1,5…2 мин.

4. МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ ДЛЯ РЫХЛЕНИЯ И РАЗРАБОТКИ МЕРЗЛЫХ И ПРОЧНЫХ ГРУНТОВ

Изучение технической характеристики, кинематической схемы, устройства и работы механизмов машин для рыхления грунтов

Широкое распространение в мелиоративном строительстве получили бульдозеры-рыхлители (табл. 1). Они представляют собой агрегаты, состоящие из бульдозера и смонтированного сзади рыхлительного оборудования. Благодаря этому они могут поочередно работать как бульдозеры или рыхлители.

Таблица1. **Технические характеристики бульдозеров-рыхлителей**

Показатель	ДЗ-116 АХЛ	ДЗ-171.3-02,-03,-04	ДЗ-171.3-06,-07,-08	ДЗ-126 В2	ДЗ-94 С-1	ДЗ-141 ХЛ
Бульдозерное оборудование	ДЗ-110АХЛ	ДЗ-171.10	ДЗ-153.3.10	ДЗ-132-2	ДЗ-59ХЛ	–
Рыхлительное оборудование	ДП-26С	ДЗ-116В.10	ДЗ-116В.10	ДП-9ВХЛ	ДП-10С-1	–
Базовый трактор	Т-130М	Т-170.01	Т-170.01	ДЭТ-250М2	Т-330	Т-500
Кол. зубьев рыхлителя	1	1	1	1	1	1
Заглубление рыхлителя, мм	450	500	500	1100	700	1540
Масса агрегата, кг	18070	18595	18790	41096	49800	58600

У рыхлителей выделяют следующие основные параметры: высоту подъема и заглубления зуба, задний угол съезда и скорость подъема и опускания рыхлительного оборудования.

5. МАШИНЫ ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ

5.1 Машины для уплотнения грунта укаткой

Прицепные гладкие катки предназначены для уплотнения грунтовых дорог, обочин, гравийных и щебеночных дорожных одежд, и оснований. Кулачковые катки предназначены для послойного уплотнения связных грунтов при сооружении насыпей, плотин, дамб земляного полотна, оснований автомобильных и железных дорог и других сооружений. Решетчатые катки особенно эффективны при уплотнении комковатых грунтов. Пневмоколесные катки применяют для окончательного уплотнения свежеоткапываемого грунта после предварительного уплотнения кулачковыми или решетчатыми катками. Пневмоколесные катки хорошо уплотняют как связные, так и несвязные грунты.

Катки характеризуются массой и контактной нагрузкой укатывающих гладких вальцов (в кН/м). В процессе укатки контактная нагрузка несколько увеличивается. Практика показала, что прицепные гладкие катки малоэффективны, и в настоящее время промышленность их не выпускает. Более эффективны кулачковые катки, которые после нескольких проходов начинают передавать контактную нагрузку опорной поверхности кулачков.

ГОСТ 11557–75 предусматривает изготовление кулачковых катков трех типов: легких, средних и тяжелых (табл. 1).

Таблица 1. **Техническая характеристика прицепных кулачковых катков**

Показатели	ДУ-26	ДУ-32А	ДУ-3А
Тип катка	Легкий	Средний	Тяжелый
Тягач гусеничного трактора тягового класса	3	10	15
Масса, т: без балласта с балластом	 5 9	 8,5 18	 12,3 30
Ширина вальца (уплотняемой полосы), мм	1800	2600	2800
Контактное давление, мПа	50	69	75,9
Диаметр вальца (без кулачков), мм	1400	2000	2400
Оптимальное число проходов по одном следу	6…10	6…10	4…8

В настоящее время наиболее широко применяют шиповые кулачки, имеющие форму усеченного конуса, а также сегментные кулачки, имеющие форму равнобедренной трапеции. Шиповой кулачок высокий (отношение длины кулачка к диаметру вальца – 1:6...1:7), сегментный – более низкий и широкий и, как показала практика, обеспечивает ударное воздействие на грунт.

В соответствии с ГОСТ 8544–74 пневмоколесные прицепные катки предусматриваются четырех типов:

а) легкие – массой (15±3) т;

б) средние – массой (25±4) т;

в) тяжелые – массой (50±6) т;

г) особо тяжелые – массой (100±10) т.

По способу подвески прицепные пневмоколесные катки разделены на катки с жесткой и независимой (свободной) подвеской колес. В настоящее время выпускаются легкие и средние прицепные пневмоколесные катки только с независимой навеской (табл. 2).

Таблица 2. **Техническая характеристика прицепных пневмоколесных катков с независимой подвеской**

Показатели	ДУ-30	ДУ-39А
Тип катка	Легкий	Средний
Тягач (трактор)	Т-150К	К-700А
Масса, т: без балласта с балластом	 4 12,5	 6,9 25
Ширина вальца (уплотняемой полосы), мм	2200	2600
Глубина уплотнения, мм	250	350
Давление в шинах, МПа	До 0,55	До 0,35…0,7
Оптимальное число проходов по одному следу	6…8	6…8

5.2 Машины для уплотнения грунта трамбованием

Полуприцепные (седельные) и самоходные пневмоколесные катки отличаются хорошей маневренностью и транспортабельностью, обеспечивают высокое качество уплотнения и большую производительность. Полуприцепные пневмоколесные катки предусматриваются трех типоразмеров: легкие, средние и тяжелые массой соответственно (15±3); (30±6); (45±9) т.

Полуприцепные катки (табл. 3) по конструкции полностью унифицированы с прицепными катками соответствующего типоразмерного ряда. В прицепном варианте их оборудуют со сцепным устройством, в полуприцепном варианте – хребтовой балкой, опирающейся на седельное устройство тягача. Так, полуприцепной каток ДУ-16В к одноосному тягачу МоАЗ-546П полностью унифицирован с прицепным катком ДУ-39А к колесному трактору К-700А.

Таблица 3. **Техническая характеристика полуприцепных пневмоколесных катков**

Показатели	ДУ-37Б	ДУ-16В	ДУ-59
Тип катка	Легкий	Средний	Тяжелый
Тягач (трактор)	Т-150К	МоАЗ-546П	БелАЗ-531
Масса, т: без балласта с балластом	 15,1	 7,3 25,9	 18 54
Ширина вальца (уплотняемой полосы), мм	2600	2000	2800
Глубина уплотнения, мм	250	350	430
Скорость передвижения, км/ч: рабочая транспортная	 11 40	 15 40	 12 35
Давление в шинах, МПа	0…0,55	0,35…0,7	0,2…0,4
Оптимальное число проходов по одному следу	8…10	6…8	5…7

Самоходные пневмоколесные катки (табл. 4) по массе разделяют на легкие (10...15 т), средние (20...30 т) и тяжелые (40...50 т).

Таблица 4. **Техническая характеристика самоходных пневматических катков**

Показатели	ДУ-31А	ДУ-29
Масса, т: без балласта с балластом	 8,3 16	 15,3 30
Ширина вальца (уплотняемой полосы), мм	1900	2200
Скорость передвижения, км/ч: рабочая транспортная	 11 40	 15 40
Мощность двигателя, кВт (л.с.)	60 (90)	96 (130)
Число колес (передних/задних)	3/4	3/4
Давление в шинах, МПа	0…0,55	0,35…0,7

Основным направлением в развитии прогрессивных самоходных катков явилось создание гаммы комбинированных катков (табл. 5). Комбинированный каток ДУ-57 имеет три модификации: ДУ-57 с гладким, ДУ-57-2 с кулачковым и ДУ-57-3 с решетчатым вибровальцами. На этой же базе созданы три модификации пневмоколесных катков ДУ-55.

Таблица 5. **Техническая характеристика комбинированных самоходных катков**

Показатели	ДУ-57 с гладким вальцем	ДУ-57-2 с кулачковым вальцем	ДУ-57 с решетчатым вальцем	Пневмоколесный ДУ-55		
				с шарнирно сочлененной рамой	с шарнирно сочлененной и секционной рамой	с передними поворотными колесами
Масса, т	20			20	16	
Ширина вальца (уплотняемой полосы), м	2,4			2,5	2	
Диаметр вальца, м	1,6	1,7	1,8		–	
Скорость передвижения, км/ч	0…10				–	

В основу разработки комбинированных катков положена максимальная узловая унификация. Унифицированными модулями для всего ряда катков являются силовая установка с дизелем мощностью 120 кВт и насосной станцией, кабина с системой управления и две полурамы с шарнирно сочлененным устройством.

Дизель и насосная станция смонтированы на раме силового модуля. Насосная станция состоит из насоса 207.32 привода передвижения (заднего моста и вальца), насоса 210.25 привода вибратора вальца, насоса 210.16 для гидроруля и насоса подпитки гидронасоса.

5.3 Вибрационные машины для уплотнения грунтов

Для уплотнения различных дорожных оснований и покрытий применяют самоходные вибрационные катки с гладкими вальцами. Эти катки различают по массе, контактной (линейной) нагрузке (кН/м), числу вальцов и взаимному их расположению, типу привода вальцов (трансмиссии) и виду двигателей.

Существует много типов вибрационных катков, которые можно сгруппировать следующим образом: тротуарные и ремонтные катки массой 0,5...2,0 т с контактной нагрузкой 10...20 кН/м; легкие массой 3...5 т с контактной нагрузкой 20...40 кН/м; средние массой 6...9 т с контактной нагрузкой 40...60 кН/м; тяжелые массой 10...15 т с контактной нагрузкой 60...80 кН/м; сверхтяжелые катки массой 17...20 т с контактной нагрузкой 80...120 кН/м. По

числу вальцов, их взаимному расположению и приводу различают одно-, двух- и многовальцовые катки.

Самоходные катки с гладкими вальцами (статические и вибрационные) предусматривают трех типов: тип I – легкие вибрационные массой 0,6; 1,5 и 4 т; тип II – средние вибрационные и статические массой 6...8 т; тип III – тяжелые статические массой 10...12 и 15...18т.

5.4 Машины комбинированного действия

К этой группе грунтоуплотняющих технических средств относятся трамбовочные и вибротрамбовочные машины, виброплиты и виброкатки.

Трамбующие рабочие органы в виде чугунных или железобетонных плит круглой или квадратной формы навешивают на экскаваторы или специально приспособленные для этого машины. В первом случае в качестве базовой машины используют одноковшовый экскаватор со стрелой драглайна, к подъемному канату которого подвешивают плиту массой 0,8...1,5*т* с площадью опорной поверхности около 1*м*^{2}. Вспомогательным канатом с легким оттяжным грузом предупреждают закручивание основного каната. Плиту поднимают на высоту 1,2...2*м*, с которой ее сбрасывают отключением от трансмиссии барабана подъемной лебедки. Тремя - шестью ударами плиты о грунт достигают его уплотнения на глубину 0,8...1,5*м*. Продолжительность рабочего цикла с учетом поворотных движений экскаватора в плане составляет примерно 12...20 *с*, что определяет невысокую производительность этого способа. Описанный способ уплотнения грунтов отличается своей простотой. Однако, использование экскаваторов для уплотнения грунтов экономически невыгодно вследствие высокой стоимости этих машин, а также из-за повышенного износа подъемного и передающих механизмов в описанном режиме нагружения. Поэтому описанный способ уплотнения грунтов имеет ограниченное применение: в местах, труднодоступных для других грунтоуплотняющих машин.

Самоходные трамбующие машины на базе гусеничного трактора (рис.149) используют для уплотнения грунтов на объектах с широким фронтом работ. На машине установлены две перемещающиеся по направляющим чугунные плиты массой 1,3*т* каждая, которые поочередно поднимаются и падают на уплотняемую поверхность при непрерывном передвижении базового трактора. В зависимости от содержания в грунте глинистых частиц уплотнение грунта на глубину до 1,2*м* достигается за 3...6 ударов плиты по одному месту при скорости передвижения трактора 160...320 *м/ч*.

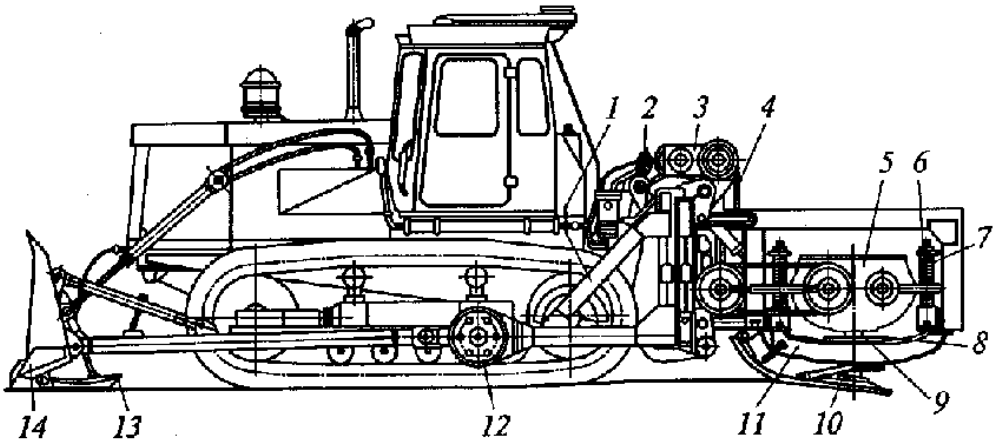

Рис.1. Ударно-вибрационная машина

Навесное вибротрамбовочное оборудование (рис.1) устанавливают на самоходной машине на базе гусеничного трактора. Здесь реализуется ударно-вибрационный способ уплот-

нения грунтов. Рабочее оборудование состоит из двух виброударных рабочих органов, смонтированных на раме *11*, способной перемещаться в поперечном направлении на 0,5...0,7 *м* от следа базового трактора для уплотнения грунтов вне полосы его движения, например, в бровочной части дорожной насыпи. Вертикальные перемещения трамбующей плиты *10* генерируются вибромолотом *5*, приводимым гидромотором-редуктором *3*через двухступенчатую клиноременную передачу *4*.

Вибромолот устроен подобно вибратору направленных колебаний и отличается от него тем, что его корпус перемещается по вертикальным направляющим *6* с пружинами *7*. В процессе этих перемещений, вызванных вынужденной силой вращающихся дебалансов, вибромолот ударяет бойком *9* в нижней части своего корпуса по наковальне *8*, жестко соединенной с трамбующей плитой *10*.

Таким образом, трамбующая плита воспринимает ударные нагрузки через наковальню, а вибрационные - через пружины 7 и направляющие *6*, сочетая в воздействии на грунт эффект трамбования и виброуплотнения.

Рабочее оборудование устанавливают на раме *1*, которую через амортизаторы *12* шарнирно крепят на лонжеронах гусеничных тележек базового трактора. Посредством гидроцилиндра *2* рабочее оборудование может быть установлено в рабочее положение или поднято для передвижения машины в транспортном режиме. Ударно-вибрационную машину комплектуют бульдозерным отвалом *14* и планирующей плитой *13* для разравнивания грунта в полосе перемещаемого следом рабочего органа.

Для уплотнения малосвязных грунтов эффективно применять вибрационные катки с гладкими, кулачковыми или решетчатыми вальцами, внутри которых вмонтирован вибратор направленных колебаний, приводимый в движение от автономного двигателя, установленного на раме катка. Эффективность уплотнения достигается совместным действием на грунт гравитационных и вынуждающих сил, генерируемых вибратором, что позволяет получить требуемую плотность грунта при сравнительно меньшей массе катка. Так, при уплотнении песков путем вибрационного воздействия масса катка может быть снижена примерно в 5 раз, при супесях — в 2 раза, а при уплотнении средних и тяжелых суглинков лишь на 10...30 %. Эффективность вибрационнного воздействия снижается с увеличением содержания в грунте глинистых частиц. Поэтому для уплотнения связных и высокосвязных грунтов требуется применять весьма тяжелые катки.

6. МАШИНЫ ДЛЯ СВАЙНЫХ РАБОТ

Изучение технической характеристики, кинематической схемы, устройства и работы механизмов машин для свайных работ

При возведении зданий и сооружений на грунтах, не обладающих достаточной несущей способностью, приходится забивать в грунт значительное число свай. Число забиваемых свай, сечение и глубина их погружения зависят от качества грунта и нагрузки от возводимого сооружения.

Технологический цикл забивки (погружения) свай состоит из трех основных операций: захвата и установки сваи в проектное положение; погружения сваи в грунт до проектной отметки или «отказа», т. е. возникновения сопротивления большего, чем усилие погружения; перемещения сваебойной установки от забитой сваи к месту погружения следующей.

Существует несколько способов погружения сваи в грунт, в том числе: забивка сваебойным молотом; забивка с одновременным подмывом грунта водой; вибрирование, вдавливание, ввинчивание, образование предварительной скважины в грунте лидером (пробойником).

Применяемые в настоящее время машины для погружения свай делятся на следующие группы: ударного действия, вибрационного действия, виброударного действия, машины для вдавливания и завинчивания свай.

Существуют также машины, работающие по смешанному принципу, например вибровдавливающие машины. Сваебойные машины применяются также для забивки шпунта, при устройстве подпорных стен и водоудерживающих перемычек.

Сваебойные молоты

Сваебойные молоты делятся на механические, паровоздушные, дизель-молоты и электрические (вибропогружатели и вибромолоты). По типу управления различают молоты с ручным, полуавтоматическим и автоматическим управлением. Главными параметрами сваебойных молотов являются, масса ударной части и энергия удара.

Рабочий цикл молота состоит из подъема ударной части (холостой ход) и падения ударной части до соударения с оголовником сваи (рабочий ход).

Механический сваебойный молот представляет собой массивную чугунную отливку, которая по направляющим мачты может подниматься канатом, перекинутым через головной блок и навиваемым на барабан лебедки, и падать при расцеплении захватного устройства под действием собственной массы на головку сваи. Расцепление захватного устройства происходит при натяжении вспомогательного каната механизма управления. Масса падающей части механических молотов, применяемых для забивки свай, колеблется от 1000 до 5000 кг, высота свободного падения молота обычно не превышает 3 м. В зависимости от высоты подъема число ударов молота составляет до 12 в минуту для молотов с расцеплением и 12…18 – для молотов, работающих без расцепления. Механические молоты конструктивно просты и долговечны в работе, однако производительность их недостаточно высока.

Паровоздушные сваебойные молоты приводятся в действие силой пара или сжатого воздуха, воздействующих непосредственно на ударную часть молота, и подразделяются на паровоздушные молоты простого действия и паровоздушные молоты двойного действия. В молоте простого действия сила пара или сжатого воздуха используется только для подъема ударной части молота, а в молотах двойного действия полезную работу выполняет не только масса падающей ударной части молота, но и давление пара или сжатого воздуха на поверхность бойка, увеличивающее скорость его падения и соответственно энергию удара. Паровоздушный молот простого действия с полуавтоматическим управлением устроен, как показано на рис. 1. Ударной частью такого молота является тяжелый цилиндр *1*. Поршень *3* и его полый шток *5*, проходящий сквозь отверстие в крышке цилиндра *4*, остаются (по отношению к свае) неподвижными во время работы молота. Цилиндр молота приливами *18* с закрепленными на них планками удерживается в направляющих. В приливах *18* имеются отверстия для направляющей штанги *16*, опирающейся нижним концом через пяту *19* на головку забиваемой сваи. На верхнем конце штанги закреплена головка *15* с корпусом парораспределительного устройства *12*. Внутри полого штока *5* находятся два поршня *2* и *13*, соединенных тягой *14*, которая серьгой *7* и шатуном *10* подвешена на коленчатом валу *11* механизма управления парораспределением. Серьга *7* может перемещаться вместе с поршнем внутри полого штока вверх или вниз при повороте вала *11* управления в ту или другую сторону под воздействием рычага *9*.

При работе сваебойного молота простого (одиночного) действия с полуавтоматическим управлением после удара цилиндра по свае пар или сжатый воздух, поступающий в полый шток поршня, проходит через отверстия *17* в штоке в надпоршневую полость цилиндра и поднимает его вверх. Вместе с цилиндром поднимается установленная на крышке *4* рейка *6,* которая имеет скошенные на определенных участках боковые грани. На определенной высоте рейка скошенной гранью воздействует на колено *8* вала управления, который с посаженным на нем шатуном повернется на некоторый угол и переведет в верхнее положение тягу *14*

с поршеньками *2* и *13*. При подъеме тяги нижний поршенек *2* поднимается выше отверстий *17* в полом штоке *5*. Пар или сжатый воздух из надпоршневой полости через отверстия *17* в полом штоке и выходное отверстие *20* в нижней части цилиндрической полости молота получает возможность выхода в атмосферу, а цилиндр под действием собственной массы устремляется вниз и наносит удар по голове сваи. Для подъема цилиндра поворачивают коленчатый вал *11* натяжением веревки, прикрепленной к одному из плечей рычага *9*, при этом поршень *2* вернется в нижнее положение и позволит пару или сжатому воздуху вновь поступать в надпоршневую полость цилиндра.

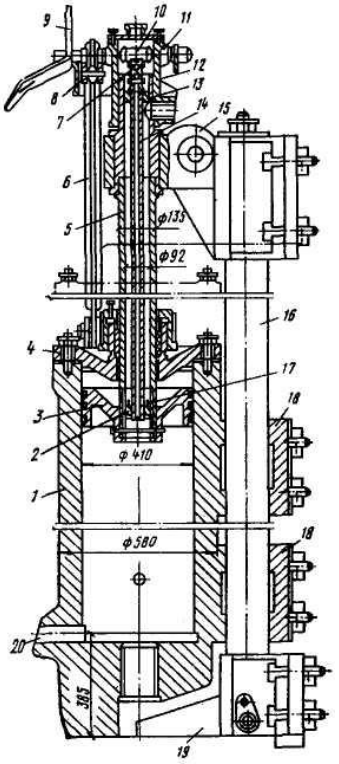

Рис. 1. Паровоздушный молот простого действия

Вибропогружатели и вибромолоты

Вибропогружатель – вибрационная машина для погружения в грунт свай, шпунтов, труб и др. Вибропогружатели применяют также для извлечения этих элементов из грунта.

В строительном производстве вибропогружающие машины применяются для погружения железобетонных свай сплошных и свай-оболочек в малосвязные грунты.

В сухих несвязных грунтах вместе с вибропогружением применяется подмыв.

Вибропогружатель состоит из корпуса и размещенных внутри него 2…4 горизонтально расположенных валов с неуравновешенными массами-дебалансами, вращающимися с одинаковой угловой скоростью в разные стороны. Дебалансы на валах размещены таким образом, что создаваемые ими центробежные силы инерции в горизонтальной плоскости взаимно уравновешиваются, а в вертикальной плоскости суммируются, вызывая направленные колебания вибропогружающей машины и связанной с ним сваи.

Продольно направленные колебания, сообщаемые свае, разрушают связь между частицами грунта и грунта со сваей, вследствие чего уменьшается трение боковых поверхностей сваи о грунт, и свая под влиянием собственной массы и массы вибропогружающей машины заглубляется в грунт.

Необходимо, чтобы амплитуда колебаний, вызываемых вибропогружателем, была больше, чем величина упругой деформации грунта, в противном случае свая не будет погружаться.

Вибрационные машины разделяются на вибропогружатели и вибромолоты. По числу колебаний разделяются на низкочастотные – 300…500 колебаний в минуту, и высокочастотные – 700…1500 колебаний в минуту.

Вибропогружатель жестко связывается со сваей, вследствие чего вызываемые им направленные колебания передаются свае. Низкочастотный вибропогружатель ВП-1 (рис. 4) состоит из стального корпуса *3*, четырех валов *4* с дебалансами *5*, электродвигателя *1*, установленного на крышке корпуса, зубчатой передачи *2* от электродвигателя к валам эксцентриков и оголовника *6* для соединения с оголовником сваи.

На рис. 2, *б* показана схема расположения дебалансов вибропогружателя через каждые 90° их поворота. Из схемы видно, что при вращении дебалансов в разные стороны горизонтальные составляющие центробежной силы взаимно уравновешиваются, а вертикальные составляющие складываются, создавая направления в вертикальной плоскости колебания системы.

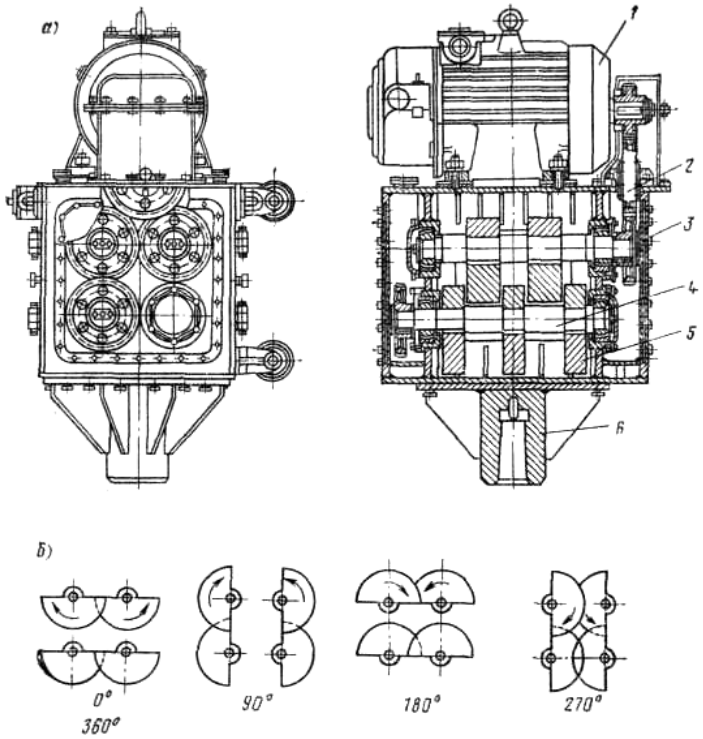

Рис. 2. Вибропогружатель ВП-1:
а) общий вид; б) схема положения дебалансов за один оборот валов

Для снижения вибрации электродвигателя и продления срока службы в ряде конструкций вибропогружателей его устанавливают на плите, отделенной от корпуса вибраторов пружинами. Помимо того что плита является основанием, она выполняет роль пригрузочной массы, это улучшает характеристику вибропогружателя.

Выпускают вибропогружатели с вынуждающей силой от 60 до 1700 кН, с частотой вращения эксцентриков 420…1500 мин$^{-1}$ массой от 2,5 до 11,7 т.

Вибромолот является ударно-вибрационной машиной для забивки в грунт и извлечения из него свай, шпунтов, труб и т. д., а также рыхления и уплотнения грунтов путем совместного воздействия ударов и вибрации.

Вибромолот отличается от вибропогружателя тем, что его корпус не имеет жесткой связи со сваей и тем, что при колебаниях корпуса возникают удары, воспринимаемые сваей.

Вибромолот (рис. 3) имеет два электродвигателя *5* с дебалансами *6* на валах роторов. Корпусы электродвигателей закреплены на плите *4*, имеющей с нижней стороны боек *7*. Между плитой *4* и основанием *1* размещены пружины *3*.

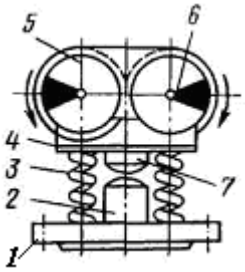

Рис. 3. Схема вибромолота

При вынужденных колебаниях системы вибратор бойком *7* наносит удары по наковальне *2*. Работа вибромолота основана на совместном воздействии вибрации и ударов на сваю и грунт, в результате чего увеличивается эффективность погружения сваи не только в водонасыщенные несвязные грунты, но и в более плотные.

Копры

Копер – строительная машина, так же, как и самоходная сваебойная установка, предназначенная для подвешивания и направления свайного молота или вибропогружателя, подтягивания, подъема и направления сваи или шпунта при их забивке. В отличие от самоходных сваебойных установок копры имеют специальную тележку на колесно-рельсовом ходу. По конструктивным особенностям копры разделяют на универсальные, имеющие поворотную платформу, возможность изменения наклона мачты и ее вылета; полууниверсальные, предназначенные только для нагружения вертикальных свай.

Копровые установки на базе тракторов СП-28 (С-870), С-873С, С-878К и СП-49В получили широкое распространение благодаря следующим преимуществам: энергетической автономности; простоте и надежности в эксплуатации; мобильности; возможности использования как на свайных полях, так и при погружении свай для фундаментов линейных объектов, например эстакад технологических трубопроводов, линий электропередач и т. п.

По расположению мачты относительно базовой машины копровые установки на тракторах бывают с фронтальной (передней или задней) или боковой навеской. Представителем копровых установок фронтальной навеской является установка СП-28 (рис. 4) на тракторе Т-170 (Т-130), предназначенная для погружения свай массой до 2 т и длиной до 8 м.

Основными узлами копровой установки являются мачта, рама, грузоподъемный механизм, устройство для установки сваи и гидропривод.

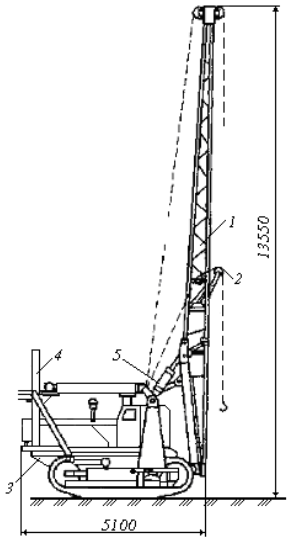

Рис.4. Копровая установка СП-28

Мачта *1* состоит из двух секций, шарнирно соединенных между собой. В рабочем положении секции мачты скреплены болтами. Нижняя секция шарнирно соединена с рамой *3*. Последняя служит основанием для мачты и с помощью двух кронштейнов и цапф шарнирно прикреплена нижней частью к трактору. Рама может поворачиваться вокруг этих шарниров вперед и назад на 5° с помощью двух гидроцилиндров.

Штоки гидроцилиндров соединены с рычагами перевода мачты в транспортное положение. При переводе мачты в транспортное положение и при транспортировании машины рама фиксируется быстросъемной жесткой растяжкой *4*, что позволяет разгрузить гидроцилиндры *5*.

Поперечное перемещение мачты осуществляется с помощью гидроцилиндра поперечного выравнивания мачты, установленного на раме. Передняя часть мачты имеет направляющие для движения молота.

Снизу мачта удлинена специальной съемной частью. В нижней части мачты расположен отводной блок для подтаскивания свай, в верхней части – смонтирована головка с блоками для канатов подъема молота.

Устройство для подъема и установки свай под молот выполнено в виде выдвижной стрелки *2*, привод которой осуществляется гидроцилиндром. Стрелка может выдвигаться вперед на 750 мм при установке сваи и убираться внутрь мачты при движении молота по направляющим.

Представителями копровых установок с боковой навеской являются машины С-878 и СП-49В, выполненные по одной конструктивной схеме. Боковая навеска мачты на трактор улучшает обзорность рабочей площадки, позволяет повысить производительность оборудования, исключив в некоторых случаях, особенно при линейном однорядном расположении свай, непроизводительные маневры трактором при переходе установки на новую точку погружения.

Копровая установка СП-49В предназначена для погружения свай длиной до 12 м, массой до 5 т и установлена на базе трактора Т-170 (Т-130), у которого удалена поперечная балансирная рессора и вместо нее смонтирована балка связи тележек трактора.

Навесное оборудование установки состоит из несущей и подвижной рам, гидроцилиндра выдвижения подвижной рамы, мачты, двух раскосов и двух гидрополиспастов.

Несущая рама служит для опирания и соединения всех составных элементов копрового оборудования. Подвижная рама предназначена для опирания на нее мачты через двухшарнирное соединение и для изменения ее вылета на 0,4 м, осуществляемого гидроцилиндром

выдвижения подвижной рамы. Нижним концом подвижная рама соединена шарнирно с левой гусеничной рамой.

Мачта состоит из головки, верхней и нижней секций. На мачте установлены свайная стрелка, гидроцилиндр отклонения свайной стрелки, механизм протаскивания свайного каната, отклоняющий блок каната, упор для свай и блок подтягивания свай. Шарнирное соединение с подвижной рамой дает возможность мачте отклоняться от вертикального положения в любом направлении в определенных пределах. Свайная стрелка предназначена для подъема и установки сваи под молот.

Копровая установка С-878, предназначенная для погружения свай длиной до 8 м и массой до 3 т, аналогична по конструкции установке СП-49В и состоит из несущей рамы, мачты, устройств для установки свай под молот и изменения угла наклона и перемещения мачты. Управление механизмами и устройствами копрового оборудования гидравлическое.

Копровые установки на базе автомобильных кранов отличаются большой мобильностью и способностью обслуживать строительные объекты, рассредоточенные в радиусе до 150 км.

Установка УСА-162 на базе автомобильного крана КС-2562 предназначена для погружения в грунт легких свай длиной 9…12 м и массой до 3 т с помощью дизель-молота СП-75 или СП-76. Навесное оборудование установки состоит из мачты, телескопической распорки и дизель-молота с наголовником. Мачта в верхней части шарнирно сочленена с оголовком крановой стрелы, а в нижней части соединена со стрелой посредством телескопической распорки, фиксирующей мачту в требуемом положении – вертикальном или наклонном. Вылет мачты изменяется путем выдвижения крановой стрелы с помощью гидроцилиндра, питаемого от ручного насоса. Наклон мачты вперед и назад производится путем изменения только длины распорки. Подъем молота и сваи осуществляется раздельно крановой лебедкой. При работе кран устанавливают на аутригеры. Наличие поворотной платформы у крана с возможностью изменения вылета мачты (на 0,5 м) позволяет погружать несколько свай с одной стоянки машины. Монтаж установки производится без вспомогательных грузоподъемных средств.

7. ОДНОКОВШОВЫЕ ПОГРУЗЧИКИ

1Изучение технической характеристики, кинематической схемы, устройства и работы механизмов одноковшовых погрузчиков

Строительные фронтальные одноковшовые погрузчики предназначены для выполнения землеройно-транспортных операций с разработкой предварительно разрыхленных грунтов, для погрузки сыпучих и мелкокусковых материалов в транспортные средства или в отвал, а со сменными рабочими органами – для обработки штучных грузов, в том числе длинномеров, контейнеров, валунов, на снегоочистке, для выполнения монтажных работ и т. п.

Строительные погрузчики характеризуются универсальностью, высокими скоростями движения, проходимостью и маневренностью, тяговыми качествами, устойчивостью. Эти машины в отличие от автопогрузчиков могут работать на неподготовленных поверхностях с большими уклонами и неровностями, что обеспечивает их широкую область применения.

Принцип работы строительных одноковшовых погрузчиков циклический. Технические характеристики погрузчиков определяются по ГОСТ 27721–88.

Главным параметром погрузчика является номинальная грузоподъемность, характеризующая способность машины обрабатывать грузы, величина которых обеспечивает реализацию расчетных параметров по безопасности эксплуатации, прочности основных элементов, производительности, расходу топлива, надежности и т. п.

Геометрические размеры погрузчика определяются по ГОСТ 27249–87. Основными из них являются (рис. 1): максимальная высота разгрузки H_8, мм – расстояние от опорной поверхности

до режущей кромки опрокинутого ковша обычно при угле его разгрузки 45°; вылет на максимальной высоте разгрузки L_6, мм – расстояние от наиболее выступающей вперед части машины до режущей кромки опрокинутого ковша при угле его разгрузки 45°; габаритная длина L_7, мм, с ковшом, опущенным на уровень опорной поверхности; габаритная высота H_1, мм, с опущенным ковшом; дорожный просвет H_4, мм – расстояние от опорной поверхности до наиболее выступающей вниз части машины; ширина ковша W_5, мм – расстояние между плоскостями, параллельными оси машины и проведенными через крайние части ковша; габаритный (наименьший) радиус поворота машины R_3, мм– расстояние от центра поворота до наиболее удаленной от него части машины; максимальный угол запрокидывания ковша в нижнем положении A_4, ...° – угол между горизонтальной плоскостью и наружной поверхностью ножа ковша при его запрокидывании назад; угол разгрузки ковша в максимально поднятом положении A_2, ...° – угол между горизонтальной плоскостью и внутренней поверхностью днища при его максимальном опрокидывании.

В технической характеристике погрузчика указываются также мощность двигателя, кВт; максимальная скорость движения машины, км/ч; эксплуатационная масса, т – масса машины, полностью заправленной топливом, смазочным материалом, охлаждающей жидкостью с учетом массы машиниста (75 кг).

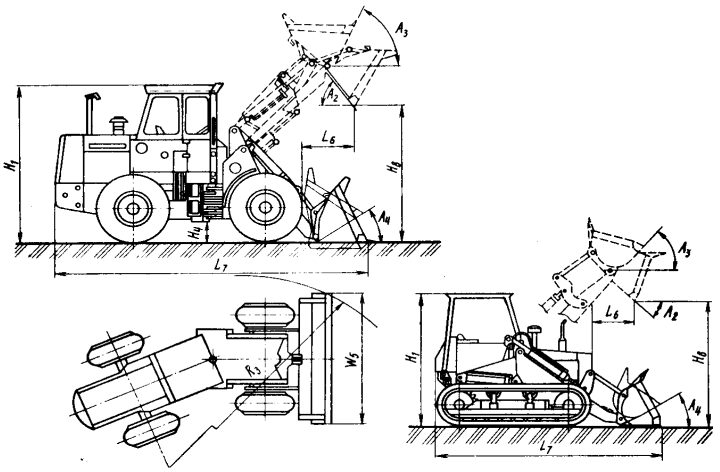

Рис. 1. Основные геометрические размеры погрузчика

Основной ковш погрузчика обычно используют для разработки сыпучих и мелкокусковых материалов плотностью 1,6 т/м^3 и грунтов до IV категории.

На стрелу погрузчика вместо основного ковша могут быть установлены различные сменные рабочие органы (рис. 2, *а – в*).

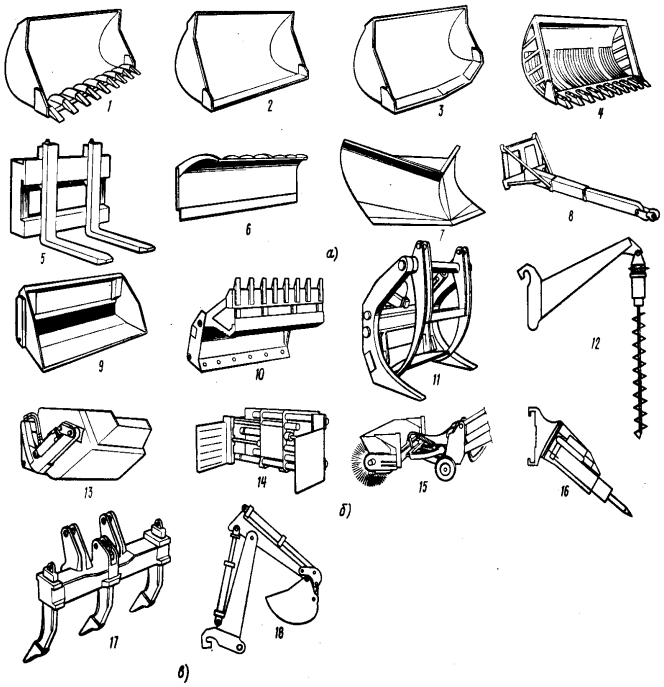

Рис. 2. Некоторые сменные рабочие органы и дополнительное оборудование:
а – рабочие органы без силового привода; б – рабочие органы с силовым приводом;
в – дополнительное оборудование; 1 – ковш для скальных пород с зубьями;
2 – ковш без зубьев с прямолинейной режущей кромкой; 3 – ковш без зубьев с V-образной режущей кромкой;
4 – скелетный ковш; 5 – грузовые вилы; 6 – бульдозерный отвал; 7 – плужный снегоочиститель;
8 – грузовая безблочная стрела; 9 – ковш с принудительной разгрузкой; 10 – двухчелюстной ковш;
11 – захват для длинномеров; 12 – бурстолбостав; 13 – ковш для распределения бетона;
14 – захват для пакетов; 15 – дорожная щетка; 16 – гидравлический молот; 17 – рыхлитель;
18 – обратная лопата экскаватора

Сменные рабочие органы в зависимости от их конструкции делят на орудия бессилового привода (уменьшенный, увеличенный, скелетный и другие ковши, грузовые вилы, бульдозерный отвал, плужный снегоочисти тель, грузовая безблочная стрела и др.) и с силовым приводом (двухчелюстной ковш, ковш с принудительной разгрузкой, различные захваты для длинномеров, валунов, бочек, рулонов; ковш с увеличенной высотой разгрузки, монтажно-поворотный захват, шнекороторный снегоочиститель и др.).

Кроме того, погрузчик можно агрегатировать с дополнительным оборудованием, не устанавливаемым на стрелу, а размещаемым на задней навеске (экскаваторная обратная лопата и рыхлитель).

Наибольшее применение одноковшовые фронтальные погрузчики получили на погрузке нерудных строительных материалов в автотранспортные средства.

Классификация одноковшовых погрузчиков

Погрузчики могут быть классифицированы по основным признакам (рис. 3, *а – в*).

По способу агрегатирования различают погрузчики на специальных шасси (рис. 3, *а*) и навесные на серийно выпускаемых тракторах и тягачах (рис. 3, *б, в*).

Погрузчики на специальных шасси являются наиболее совершенными, так как отвечают всем требованиям, предъявляемым к машинам такого типа по мощности двигателя, прочности основных узлов, скорости движения, маневренности, условиям труда машиниста, безопасности эксплуатации и производительности.

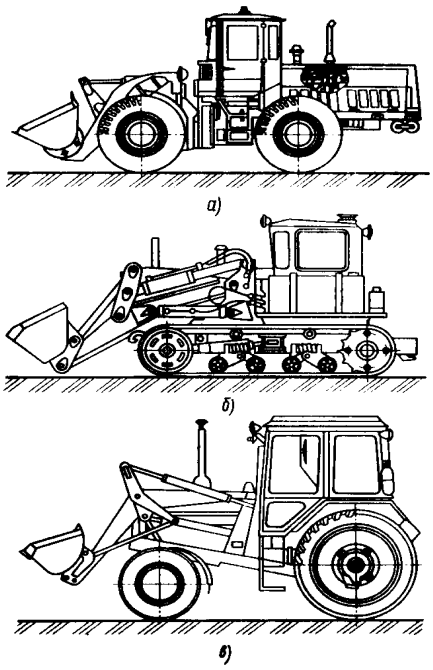

Рис. 3. Основные типы погрузчиков:
а – погрузчик на специальном шасси;
б, в – навесные гусеничный и колесный погрузчики

Навесные погрузчики на тракторах и тягачах общего назначения, выпускаемых тракторной и автомобильной промышленностью, удовлетворяя требованиям низкой стоимости, расширения области применения базовой машины и увеличения ее сезонной загрузки, могут существенно уступать машинам на специальных шасси в эффективности и удобстве эксплуатации.

Навесные погрузчики на специальных погрузочных модификациях тракторов и тягачей приближаются по своим качествам к погрузчикам на специальных шасси.

По типу движителя ходовой части различают колесные (см. рис. 3, *а, в)* и гусеничные (см. рис. 3, *б)* погрузчики. В настоящее время преимущественное развитие получают колесные погрузчики, так как они наиболее полно отвечают требованиям по скорости, маневренности, условиям труда. Однако для специальных условий (работа на грунтах с низкой несущей способностью, горячих шлаках, вечной мерзлоте и т. п.) продолжают широко использоваться гусеничные погрузчики.

По типу трансмиссии различают погрузчики с гидромеханической, гидрообъемной, электрической и механической трансмиссиями.

Современные машины на специальных шасси средних и крупных типоразмеров тяготеют к гидромеханической трансмиссии, так как она обеспечивает автоматическое регулирование скорости и напорных усилий в зависимости от внешних сопротивлений.

Погрузчики малой и средней грузоподъемности в перспективе предполагается оснащать гидрообъемной трансмиссией, так как этот вид автоматизированной трансмиссии обеспечивает свободу компоновки, энергосбережение, улучшение условий труда.

Электрическую трансмиссию обычно устанавливают на особо тяжелых погрузчиках, она является наиболее дорогостоящей из-за использования дефицитной меди.

Механическая трансмиссия наименее эффективна на фронтальных погрузчиках, так как специфика их работы требует постоянного изменения передаточного числа трансмиссии, что выполняется на машинах с такой передачей вручную и влечет за собой недоиспользование мощности, существенные потери времени в каждом цикле и усиление утомляемости машиниста.

По месту расположения двигателя (компоновке) различают погрузчики с задним (см. рис. 3, *а*) и передним (см. рис. 3, *б, в*) расположением двигателя.

В настоящее время большинство колесных и гусеничных погрузчиков имеют заднее расположение двигателя, так как такая компоновка обеспечивает хорошую обзорность с рабочего места и позволяет использовать двигатель в качестве противовеса.

Переднее расположение двигателя сохраняется на некоторых колесных и гусеничных навесных погрузчиках, созданных на базе тракторов общего промышленного и сельскохозяйственного назначения.

По способу осуществления поворота различают погрузчики с шарнирно-сочлененной рамой (см. рис. 3, *а*), управляемыми колесами (см. рис. 3, *в*) и бортовым поворотом (см. рис. 3, *б*).

В настоящее время наиболее часто применяют систему поворота с шарнирно-сочлененной рамой, так как она по сравнению с системой поворотных передних или задних колес обеспечивает более высокую маневренность, унификацию переднего и заднего мостов, лучшую обзорность фронта работ, большую долговечность.

В эксплуатации имеется некоторое число машин с управляемыми передними или задними колесами. Это либо машины выпуска прошлых лет, либо навесные погрузчики на тракторах.

Наряду с этим наблюдается тенденция к созданию погрузчиков со всеми управляемыми колесами. Такие машины лишены части недостатков, характеризующих погрузчики с передними или задними управляемыми колесами (маневренность, унификация). Такая схема может обеспечить круговое движение машины на месте или перемещение параллельно самой себе (крабовый ход), что раскрывает новые

возможности в технологии работ.

Система с бортовым поворотом используется только на гусеничных машинах, колесные погрузчики с бортовым поворотом не выпускаются из-за повышенного износа шин.

По схеме привода движителей различают колесные погрузчики на специальных шасси, имеющие схему со всеми ведущими колесами; навесные погрузчики в зависимости от используемой базовой машины могут быть с передними ведущими колесами, задними ведущими колесами и с приводом на все колеса.

По кинематической схеме рычажной системы рабочего оборудования погрузчики могут иметь перекрестную (Z-образную, см. рис. 3, *а, в*), параллелограммную или смешанную (см. рис. 3, *б*) схемы.

Наиболее совершенной считается перекрестная схема, так как она обеспечивает наилучшие силовые и скоростные характеристики погрузочного оборудования при всех остальных равных показателях (работа поршневой полостью гидроцилиндра при реализации вырывных усилий с низкой скоростью и работа штоковой полостью гидроцилиндра при разгрузке с высокой скоростью и небольшими усилиями). Эта схема также имеет наименьшее число шарниров по сравнению с другими. Перекрестная схема наиболее приспособлена для установки одного ковшового гидроцилиндра.

Остальные схемы применяют в тех случаях, когда установка перекрестной схемы невозможна, например, на гусеничных погрузчиках, у которых передняя часть машины занята двигателем и между корпусом машины и гусеницами имеется ограниченный зазор.

9. ОСНОВЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН

На лабораторных и практических занятиях в рамках этого раздела студенты выполняют проектирование рабочего оборудования землеройных и землеройно-транспортных машин по заданию на курсовой проект с помощью прикладного пакета программ КОМПАС и AutoCad.

3. РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

3.1 Вопросы промежуточного контроля знаний

модуль №1

1. Основные направления развития машин для земляных работ.
2. Физико-механические свойства грунтов и влияние их на трудность разработки.
3. Классификация силового оборудования машин для земляных работ и предъявляемые к нему требования.
4. Назначение и классификация приводных устройств и силовых передач машин для земляных работ.
5. Назначение и классификация систем управления машин для земляных работ.
6. Назначение и классификация ходового оборудования машин для земляных работ.
7. Общая классификация машин для земляных работ.
8. Виды и формы рабочих органов землеройных машин (резание и копание грунта).
9. Виды резания грунтов. Указать примеры применения.
10. Виды стружки. Пространственное взаимодействие режущего органа с грунтом.
11. Определение среднемаксимальных сил резания.
12. Расчет усилий, действующих на клин.
13. Расчет сил, действующих на рабочий орган землеройной машины (общий случай).
14. Назначение и классификация одноковшовых экскаваторов.
15. Виды рабочего оборудования одноковшовых экскаваторов.
16. Перечислите основные механизмы, применяемые на одноковшовых экскаваторах.
17. Система индексации одноковшовых экскаваторов.
18. Определение теоретической производительности одноковшового экскаватора.
19. Определение эксплуатационной производительности одноковшового экскаватора.
20. Определение основных параметров одноковшовых экскаваторов.
21. Определение массы противовеса экскаватора.
22. Расчет одноковшового экскаватора на устойчивость.
23. Расчет усилий при копании грунта одноковшовым гидравлическим экскаватором и выбор гидроцилиндров поворота ковша.
24. Расчет усилий при копании грунта одноковшовым гидравлическим экскаватором и выбор гидроцилиндров поворота рукояти.
25. Расчет усилий при копании грунта одноковшовым гидравлическим экскаватором и выбор гидроцилиндров поворота стрелы.
26. Расчет и выбор гидронасоса гидравлического экскаватора.
27. Расчет и выбор гидромоторов хода гидравлического экскаватора.
28. Расчет и выбор гидромотора поворота платформы гидравлического экскаватора.
29. Особенности расчета конструктивно-технологических параметров одноковшового гидравлического экскаватора.

модуль №2

1. Общая классификация землеройно-транспортных машин: состав технологического процесса, классификация по назначению, виды рабочих органов, требования к машинам.
2. Приведены землеройно-транспортные машины:

ДЗ-42Г, ДЗ-171, ДЗ-109, ДЗ-33А, ДЗ-172, ДЗ-143, ДЗ-140, ДЗ-201, ДЗ-508.

Выделить из них один бульдозер, скрепер, грейдер-элеватор.

3. Приведены марки землеройно-транспортных машин:

ДЗ-148, ДЗ-180, ДЗ-198, ДЗ-208, ДЗ-181, ДЗ-177. Выделить из них одну марку автогрейдера и дать его характеристику.

4. Приведены марки землеройно-транспортных машин:

ДЗ-33А, ДЗ-149, ДЗ-156, ДЗ-110, ДЗ-115, ДЗ-155, ДЗ-165. Выделить из них одну марку бульдозера и дать его характеристику.

5. Приведены марки землеройно-транспортных машин:

ДЗ-140, ДЗ-143, ДЗ-146, ДЗ-148, ДЗ-168, ДЗ-77-1, ДЗ-187-1. Выделить из них одну марку скрепера и дать его характеристику.

6. Назначение и классификация бульдозеров. Привести три марки бульдозеров, применяемых в мелиорации.

7. Определение параметров рабочего органа бульдозера (привести схему и показать их).

8. Основные направления развития бульдозеров.

9. Расчет сопротивлений, возникающих при работе землеройно-транспортных машин (общий случай).

10. Тяговой баланс землеройно-транспортной машины.

11. Баланс мощности землеройно-транспортной машины, определение составляющих.

12. Расчет сопротивлений, возникающих при копании грунта бульдозером (неповоротный отвал).

13. Определение мощности двигателя бульдозера. Проверка работоспособности бульдозера.

14. Определение сопротивлений, возникающих при выполнении технологического процесса бульдозера (поворотный отвал).

15. Определение эксплуатационной производительности бульдозера.

16. Определение скоростей передвижения при выполнении технологического процесса бульдозером.

17. Определение длины участков при выполнении технологического процесса бульдозером ($l_к$, $l_п$, $l_р$, $l_{о.к.}$).

18. Расчет сил, действующих на бульдозер.

19. Расчет на прочность отвала бульдозера.

20. Назначение, классификация скреперов. Привести три марки скреперов, применяемых в мелиорации.

21. Основные направления развития скреперов.

22. Определение основных размеров рабочего органа скрепера (дать схему и указать определяемые параметры).

23. Расчет сопротивлений, возникающих при разработке грунта скрепером.

24. Расчет эксплуатационной производительности скрепера.

25. Расчет мощности двигателя скрепера (прицепного и самоходного). Проверка работоспособности скрепера.

26. Расчет скоростей передвижения при выполнении операций скрепером.

27. Расчет длины участков при выполнении технологического процесса скрепером.

28. Расчет сил, действующих на скрепер.

29. Определение усилия подъема ковша скрепера.

30. Определение усилия подъема передней заслонки ковша скрепера.

31. Определение усилий для разгрузки ковша скрепера.

32. Назначение и классификация автогрейдеров. Привести три марки автогрейдеров, применяемых в мелиорации.

33. Выбор и обоснование основных параметров рабочего органа автогрейдера (привести схему и указать параметры).

34. Основные направления развития автогрейдеров.

35. Расчет сопротивлений, возникающих при работе автогрейдера.

36. Баланс мощности автогрейдера.

37. Расчет эксплуатационной производительности автогрейдера.
38. Расчет сил, действующих на автогрейдер.
39. Расчет механизма подъема и опускания отвала автогрейдера.

модуль №3

1. Назначение и классификация одноковшовых погрузчиков. Основные марки.
2. Определение основных параметров ковша одноковшового погрузчика.
3. Расчет номинальной грузоподъемности погрузчика и номинальной вместимости основного ковша.
4. Определение усилий при работе погрузчика.
5. Определение усилий на штоках гидроцилиндров погрузчика. Выбор гидроцилиндров.
6. Расчет эксплуатационной производительности одноковшового погрузчика.
7. Назначение, классификация рыхлителей.
8. Обоснование и расчет параметров рабочего органа рыхлителя.
9. Расчет сил, действующих на рыхлитель (заглубления и выглубления).
10. Расчет сил, возникающих в элементах навески рыхлителя.
11. Назначение машин для уплотнения грунтов. Основы теории уплотнения грунтов.
12. Влияние влажности грунтов на их уплотнение.
13. Нормы уплотнения грунтов.
14. Катки. Классификация. Основные марки катков.
15. Расчет параметров катков с гладкими вальцами.
16. Расчет параметров кулачковых катков.
17. Расчет параметров катков на пневматических шинах.
18. Тяговый расчет катков.
19. Расчет эксплуатационной производительности катков.
20. Машины для гидромеханизации земляных работ. Назначение и классификация.
21. Гидромониторы: назначение, классификация, расчет параметров.
22. Гидроэлеваторы. Назначение, классификация.
23. Землесосы. Назначение, классификация.
24. Земснаряды. Назначение, классификация, способы передвижения.

3.2 Вопросы текущей аттестации

1. Общая классификация машин для земляных работ. Рабочий процесс и его основные операции.
2. Перспективы и основные направления развития машин для земляных работ. Требования к машинам для земляных работ.
3. Классификация грунтов и влияние их физико-механических свойств на разработку машинами.
4. Резание и копание грунта. Виды стружки. Виды резания. Взаимодействие рабочего органа с грунтом. Виды рабочих органов землеройных машин.
5. Копание и резание грунта. Удельное сопротивление резанию и копанию грунта и их определение.
6. Развитие теории резания и копания грунтов (Горячкин В.П., Домбровский Н.Г., Зеленин А.Н. и др.).
7. Определение усилий, действующих на клин. Их связь с геометрией клина.
8. Расчет среднемаксимальных сил резания при блокированном резании грунта.
9. Силовое оборудование машин для земляных работ: классификация, требования, характеристика.

10. Ходовое оборудование землеройных машин. Расчет суммарного сопротивления движению гусеничного хода.

11. Гидравлические приводные устройства машин для земляных работ. Классификация, преимущества и недостатки, типы и марки агрегатов.

12. Приводные устройства и силовые передачи машин для земляных работ. назначение, классификация, преимущества и недостатки.

13. Системы управления машин для земляных работ. Назначение, классификация, преимущества и недостатки. Примеры применения.

14. Пневматическая система управления машин для земляных работ. Назначение. Классификация. Особенности эксплуатации.

15. Конструкции узлов одноковшовых экскаваторов. Назначение, классификация. Выбор узлов и агрегатов. Система индексации одноковшовых экскаваторов.

16. Одноковшовые экскаваторы. Виды рабочего оборудования. Основы теории расчета их.

17. Статический расчет одноковшовых экскаваторов.

18. Одноковшовые гидравлические экскаваторы. Назначение, классификация. Марки экскаваторов, применяемых в мелиоративном строительстве. Расчет усилий, возникающих при копании.

19. Одноковшовые гидравлические экскаваторы. Определение мощности на вращение поворотной платформы. Выбор гидромотора. Расчет исходных данных для проектирования редуктора поворота платформы.

20. Одноковшовые экскаваторы с гидравлическим приводом. Определение усилий, действующих в силовых цилиндрах при копании грунта. Расчет максимальный производительности насоса. Подбор насоса.

21. Одноковшовые гидравлические экскаваторы. Определение мощности силовой установки на передвижение экскаватора. Подбор силовой установки гидромоторов хода.

22. Одноковшовые экскаваторы с гидравлическим приводом. Работа и область применения. Преимущества, перспективы развития. Расчет конструктивных параметров.

23. Расчет производительности машин для земляных работ.

24. Расчет землеройно-транспортных машин. Расчет сопротивлений при работе (общий случай).

25. Силы, действующие на рабочий орган землеройной машины (общий случай).

26. Расчет и обоснование основных параметров рабочего органа бульдозера.

27. Расчет сопротивлений при работе бульдозера с неповоротным отвалом.

28. Определение времени цикла при выполнении технологического процесса бульдозера.

29. Определение скоростей и путей при выполнении операций бульдозером.

30. Скреперы. Назначение, классификация. Расчет и обоснование основных параметров скрепера.

31. Расчет сопротивлений при работе скрепера.

32. Расчет усилий при разгрузке ковша скрепера и при его подъёме.

33. Определение производительности скрепера. Расчет времени цикла работы скрепера.

34. Расчет мощности двигателя прицепного скрепера. Проверка работоспособности. Основные марки скреперов, применяемых в мелиоративном строительстве.

35. Определение скоростей, путей при выполнении операций самоходного скрепера.

36. Определение усилий, действующих при работе скрепера. Расчет деталей на прочность.

37. Автогрейдеры. Перспективы развития. Расчет баланса мощности. Определение производительности.

38. Грейдеры и автогрейдеры. Назначение, классификация. Выбор и обоснование основных параметров рабочего органа.

39. Расчет сил, возникающих при работе автогрейдера.

40. Расчет сопротивлений при работе автогрейдера. Проверка работоспособности.

41. Машины для уплотнения грунтов. Назначение, классификация. Основы теории уплотнения грунтов. Назначение, классификация. Влияние влажности на уплотнение. Нормы уплотнения.

42. Машины для уплотнения грунтов. Сущность виброуплотнения. Выбор и обоснование основных параметров вибрационных катков.

43. Катки с гладкими вальцами. Расчет основных технологических параметров.

44. Кулачковые катки. Классификация. Расчет технологических параметров.

45. Тяговый расчет катков.

46. Катки на пневматических шинах. Классификация. Расчет основных технологических параметров.

47. Машины и механизмы для разработки мерзлых грунтов и прочных пород грунтов. Назначение, область применения. Классификация. Расчет основных параметров рабочего органа рыхлителя.

48. Расчет сил, действующих на рабочий орган рыхлителя.

49. Определение эксплуатационной производительности бульдозера.

50. Техническое обслуживание гидравлических систем машин для земляных работ.

51. Одноковшовые погрузчики. Назначение. Классификация. Определение основных параметров.

52. Расчет производительности фронтального одноковшового погрузчика.

3.3 Примерные тестовые задания по дисциплине

1. Укажите правильную классификацию машин для земляных работ по назначению.
а) трубогибочные машины, разделочные машины, землеройные машины, машины для уплотнения грунтов;
б) машины для рыхления грунта, машины для уплотнения грунта, машины для гидромеханизации, землеройные, землеройно-транспортные, буровые машины;
в) каналокопатели, землеройные, буровые, для уплотнения, для рыхления, для гидромеханизации;
г) для рыхления грунта, для уплотнения, для гидромеханизации, для свайных работ, каналоочистители, для дренажных работ.
2. Землеройная машина является полууниверсальной при наличии:
а) одного рабочего органа;
б) двух-трех рабочих органов;
в) трех-четырех рабочих органов;
г) более четырех рабочих органов.
3. На землеройных машинах применяются источники энергии:
а) ДВС, электродвигатели, гидродвигатели, пневмодвигатели, газотурбинные, комбинированные;
б) ДВС, паровые, электродвигатели, гидродвигатели, пневмодвигатели, газотурбинные, комбинированные;
в) ДВС, электродвигатели, гидродвигатели, комбинированные;
г) ДВС, электродвигатели, ядерные реакторы, комбинированные.
4. На землеройных машинах применяются двигатели внутреннего сгорания:
а) Д-240, А-01М, А-41, Д-130, Д-160, ЯМЗ-238, СМД-14, СМД-62;
б) Д-65М, Д-48, 4А90LУЗ, МТКF-112-6, АО-62-4;
в) Д-180, Д-240, А-01М, 4А90LУЗ;
г) МТК-112-6, 4А90LУЗ, Д-245, Д-144.
5. На экскаваторе ЭО-3223 применяется следующая система управления:
а) канатная, б) гидравлическая, в) комбинированная, г) пневматическая.

6. Какое номинальное давление гидросистемы экскаватора ЕТ-14?

а) 25 МПа, б) 28 МПа, в) 30 МПа, г) 32 МПа.

7. Какая вместимость ковша экскаватора ЭО-4121А?

а) 0,4 м^3; б) 0,65 м^3; в) 1,0 м^3; г) 1,6 м^3.

8. Экскаватор состоит из следующего количества механизмов:

а) 4; б) 5; в) 6; г) 7.

9. На экскаваторе применяется следующее исполнение рабочего оборудования:

а) канатное, рельсовое, реечное; б) канатное, жесткое, телескопическое; в) комбинированное, реечное, гидравлическое; г) телескопическое, плавающее, уширенное.

10. Экскаватор имеет следующее количество силового оборудования:

а) одномоторные, многомоторные; б) трехмоторные, двухмоторные; в) одномоторные, комбинированные; г) многомоторные, трехмоторные.

11. Гидравлическая система экскаватора ЭО-2621В состоит из:

а) насоса, распределителя, гидроцилиндров, трубопроводов, клапанов, центрального колектора; б) насоса, распределителя, гидроцилиндров, трубопроводов, бака, регулирующей аппаратуры; в) бака, шлангов, насосов, клапанов, распределителя, рычагов; г) шлангов, маслопроводов, насосов, распределителя, гидроцилиндров, клапанов.

12. Параметры одноковшового экскаватора определяются по формуле:

а) $A = \kappa\sqrt[3]{q}$, м; б) $A = \kappa\sqrt[3]{G}$; в) $A = \kappa\sqrt[3]{P_0}$; г) $A = \kappa\sqrt[3]{N}$,

где P_0 – усилие копания грунта,

N – мощность двигателя,

q – вместимость ковша,

G – масса экскаватора.

13. Касательное сопротивление копанию грунта экскаватором определяется по формуле:

а) $P_{01} = авс$, н; б) $P_{01} = к_к вс$, н; в) $P_{01} = к_к + вс$, н; г) $P_{01} = к_к в + с$, н,

где $в$ – ширина стружки (ковша), см,

$с$ – толщина стружки, см,

$а$ – высота ковша, см,

$к_к$ – удельное сопротивление копанию.

14. Общая сила сопротивления копанию грунта экскаватором определяется по формуле:

а) $P_0 = P_{01} + P_{02}$; б) $P_0 = P_{01} \cdot P_{02}$; в) $P_0 = P_{01}/P_{02}$; г) $P_0 = \sqrt{P_{01}^2 + P_{02}^2}$.

15. Механизмы напора одноковшовых экскаваторов по конструкции разделяются (укажите правильный ответ):

а) канатные и пневматические; б) зубчато-реечные и кремальерные;

в) канатные и зубчато-реечные; г) зубчато-реечные и гидравлические.

16. Одноковшовые экскаваторы с прямой лопатой служат для разработки грунта:

а) ниже уровня стоянки экскаватора; б) выше уровня стоянки экскаватора; в) вокруг стоянки экскаватора; г) вдоль стоянки экскаватора.

17. Максимальная толщина стружки при копании грунта экскаватором определяется по зависимости:

а) $c_{\max} = \dfrac{qk_н}{вHk_р}, м$; б) $c_{\max} = qk_н вHk_р$, м;

в) $c_{\max} \dfrac{вHk_р}{q}, м$; г) $c_{\max} = \dfrac{вHk_н}{qk_р}, м$.

18. Потребную мощность подъема ковша экскаватора с прямой лопатой с механическим приводом определяют по формуле:

а) $N_П = S_{под} \cdot V_{под} \cdot \eta_п$, *кВт*; б) $N_П = \frac{S_П}{V_П}\eta_П, кВт$;

в) $N_П = \frac{V_П}{S_П} \cdot \eta_П, кВт$; г) $N_П = \frac{S_П V_П}{\eta_П}, кВт$.

19. Мощность двигателя экскаватора с прямой лопатой с механическим управлением определяется по формуле:

а) $N_{дв} = N_п - N_н$, кВт; б) $N_{дв} = N_п + N_н$, кВт;
в) $N_{дв} = N_п \cdot N_н$, кВт; г) $N_{дв} = N_п/N_н$, кВт.

20. Эксплуатационная производительность одноковшового экскаватора определяется по зависимости:

а) $П_{экс} = \frac{3{,}6q \cdot k_р \cdot k_и}{t_ц k_и} м^3/час$; б) $П_{экс} = \frac{36 q k_н k_и}{t_ц k_р} м^3/час$;

в) $П_{экс} = \frac{360 q k_н k_р}{t_ц k_и} м^3/час$; г) $П_{экс} = \frac{3600 q k_н k_и}{t_ц k_р} м^3/час$.

21. Мощность двигателя экскаватора с обратной лопатой с механическим управлением определяется по формуле:

а) $N_{дв} = N_т + N_п$, кВт; б) $N_{дв} = N_т - N_п$, кВт;
в) $N_{дв} = N_т/N_п$, кВт; г) $N_{дв} = N_т \cdot N_п$, кВт.

22. По какой формуле определяется коэффициент устойчивости работы экскаватора:

а) $к_у = \frac{\Sigma M_0}{\sum M_у}$; б) $к_у = \frac{\Sigma M_у}{\sum M_0}$; в) $к_у = \Sigma M_0 + \Sigma M_у$; г) $к_у = \Sigma M_у - \Sigma M_0$.

23. Укажите неправильный вид резания грунтов.
а) блокированное; б) полублокированное; в) свободное; г) комбинированное.

24. Укажите неправильный вид отделяемой стружки при копании грунта:
а) сливная; б) элементная; в) скручивания; г) отрыва.

25. Экскаватор с рабочим оборудованием драглайн служит для разработки грунта:
а) выше уровня стоянки; б) ниже уровня стоянки; в) вокруг стоянки; г) значительно выше уровня стоянки.

26. Назовите неправильный ответ типа механизма напора в зависимости необходимого усилия подъема и напора при копании грунта:
а) зависимый; б) независимый; в) системный; г) комбинированный.

27. Статический расчет одноковшового экскаватора служит:
а) для определения массы противовеса; б) для определения коэффициента устойчивости;
в) для определения сил сопротивления копанию; г) для определения удельного давления на грунт.
Укажите неправильный ответ.

28. На экскаваторах с гидроприводом применяются насосы:
а) шестеренные; б) поршневые; в) лопасные; г) комбинированные.
Укажите неправильный ответ.

29. На экскаваторах с гидравлическим приводом применяются гидрораспределители:
а) однозолотниковые; б) двухзолотниковые; в) трехзолотниковые; г) пятизолотниковые.
Укажите неправильный ответ.

30. Для приведения в действие элементов рабочих органов с поступательным движением используют:

а) штанги; б) планки; в) гидроцилиндры; г) штоки.

31. Мощность насоса гидравлического экскаватора определяется по формуле:

а) $N = \frac{P_{коп} V}{\eta_{пов}}$ *кВт*; б) $N = Q \cdot P_{коп}$; в) $N = \frac{P}{V}$ *кВт*; г) $N = \frac{QP}{60}$ *кВт*.

32. Усилие на штоке гидроцилиндра поворота ковша определяется по формуле:

а) $S_{ц.к.} = \frac{p_{уд} \pi D_ц^2}{4}$ *н*; б) $S_{ц.к.} = \frac{p_{уд} L_ц}{\eta}$ *н*;

в) $S_{ц.к.} = p_{уд}\, p_{коп}$, *н*; г) $S_{ц.к.} = \frac{p_{коп}}{p_{уд} \eta}$ *н*.

33. Мощность двигателя для привода гидронасоса экскаватора определяется по формуле:

а) $N_{ДВ} = N_н \cdot \eta_0$, *кВт*; б) $N_{ДВ} = \frac{N_н}{\eta_0}$ *кВт*;

в) $N_{ДВ} = \frac{N_н}{Q}$ *кВт*; г) $N_{ДВ} = \frac{N_н}{Q \eta_н}$ *кВт*.

34. Мощность гидромотора для передвижения экскаватора определяется по формуле:

а) $N_Г = W_x V_{эк\text{-}ра}$, *кВт*; б) $N_Г = \frac{W_x \cdot V_{эк-ра}}{\eta_0}$, *кВт*;

в) $N_Г = \frac{W_x}{V_{эк-ра}} \eta_0$, *кВт*; г) $N_Г = \frac{V_{эк-ра}}{W_x} \eta_0$, *кВт*.

35. На экскаваторах с гидравлическим приводом применяются насосы:

а) одинарные с регулятором; б) сдвоенные с регулятором; в) строенные с регулятором; г) четвертные с регулятором.

Укажите неправильный ответ.

36. Укажите неправильный тип ходового устройства экскаваторов:

а) гусеничное; б) автомобильное; в) пневмоколесное; г) комбинированное.

37. Главным параметром экскаватора является:

а) масса; б) грузоподъемность; в) вместимость ковша; г) высота копания.

38. Укажите неправильный параметр ковша экскаватора.

а) высота ковша; б) ширина ковша; в) глубина ковша; г) емкость ковша.

39. Укажите неправильный тип климатического исполнения экскаватора.

а) северное; б) тропическое; в) тропики влажные; г) арктическое.

40. Укажите неправильный тип механизма реверса экскаватора.

а) с коническими шестернями; б) с цилиндрическими шестернями; в) с прямозубыми шестернями; г) с редукторами.

41. На экскаваторах применяются типы стрел:

а) однобалочная; б) двухбалочная; в) решетчатая; г) комбинированная.

Укажите неправильный ответ.

42. Сопротивление перемещению бульдозера определяется по формуле:

а) $W_{пер} = G_б (f \pm i)$, н; б) $W_{пер} = G_{тр\text{-}р} (f \pm i)$, н;

в) $W_{пер} = G_{призмы} (f \pm i)$, н; г) $W_{пер} = G_{б\ обор} (f \pm i)$, н.

43. Сопротивление перемещению призмы волочения бульдозера определяется по формуле:

а) $W_{пр} = G_{тр\text{-}ра}\, \mu_2$, н; б) $W_{пр} = G_{пр}\, \mu_2$, н;

в) $W_{пр} = G_{б.\ об}\ \mu_2$, н; г) $W_{пр} = G_{отвала}\ \mu_2$, н.

44. Сопротивление от трения грунта при движении вверх по отвалу бульдозера:

а) $W_{в.\ отв.} = G_б \cdot \mu_1 \cdot \cos^2\alpha$; б) $W_{в.\ отв.} = G_{пр} \cdot \mu_1 \cdot \sin^2\alpha$;

в) $W_{в.\ отв.} = G_{пр} \cdot \mu_1 \cdot \sin\alpha$; г) $W_{в.\ отв.} = G_{пр} \cdot \mu_1 \cdot \cos^2\alpha$.

45. Работоспособность бульдозера проверяется по следующим условиям:

а) мощности двигателя и скорости движения; б) массе бульдозера и силе тяги по сцеплению; в) мощности двигателя и силе тяги по сцеплению; г) массе трактора и мощности двигателя.

46. Углы установки отвала бульдозера следующие:

а) угол резания; б) угол наклона отвала; в) угол наклона козырька; г) угол разгрузки.

Найдите неправильный ответ.

47. Управление рабочим органом бульдозера применяется:

а) шарнирное; б) пневмошарнирное; в) электрическое; г) гидравлическое.

48. Высота отвала бульдозера – это:

а) высота козырька с ножами; б) высота козырька минус высота отвала; в) высота отвала с ножами; г) высота козырька с высотой отвала.

49. Основным рабочим органом бульдозера является:

а) рама бульдозера; б) толкающие брусья; в) раскосы; г) отвал.

50. Сила тяги по сцеплению бульдозера определяется по формуле:

а) $T_{сц} = G_{тр\text{-}ра} \cdot \varphi_{сц}$, н; б) $T_{сц} = G_{отвала} \cdot \varphi_{сц}$, н;

в) $T_{сц} = G_{раб.\ органа} \cdot \varphi_{сц}$, н; г) $T_{сц} = G_{бульд.} \cdot \varphi_{сц}$, н.

51. Что является главным параметром бульдозера:

а) мощность двигателя; б) ширина отвала; в) скорость движения; г) номинальное тяговое усилие.

52. Назовите правильную марку бульдозера

а) ДЗ-122А; б) ДЗ-149; в) ДЗ-42Г; г) ДЗ-77А.

53. Назовите правильное название: бульдозер – это

а) трактор с бульдозерным оборудованием; б) трактор с бульдозером; в) бульдозер с бульдозерным отвалом; г) бульдозерное оборудование.

54. Бульдозер служит для:

а) перемещения грунта; б) копания грунта; в) разработки грунта; г) копания и перемещения грунта.

55. Бульдозер применяют для:

а) складирования грунта; б) возведения насыпей из грунтов; в) уплотнения грунта; г) рыхления грунта.

56. Бульдозер разделяют по мощности на:

а) легкие; б) средние; в) тяжелые; г) мини-бульдозеры.

Укажите неправильный ответ.

57. Высота отвала определяется по формуле:

а) $H = 500\sqrt[3]{Tн} - 5Tн$; б) $H = 550\sqrt[3]{Tн} + 5Tн$;

в) $H = 500\sqrt[3]{Tн} + 5Tн$; г) $H = 550\sqrt[3]{Tн} - 5Tн$.

58. Номинальное тяговое усилие бульдозера определяется по формуле:

а) $T_H = \dfrac{3{,}6 \cdot N_{дв} \cdot \eta_0}{V}\ кн$; б) $T_H = \dfrac{36 \cdot V \cdot \eta_0}{N_{дв}}\ кн$;

в) $T_H = \dfrac{3{,}6 \cdot N_{дв}}{V \cdot \eta_0}\ кВт$; г) $T_H = \dfrac{36 \cdot V}{N_{дв} \cdot \eta_0}\ кВт$.

59. Сопротивление копанию грунта бульдозером определяется по формуле:

а) $W_к = к_к + в + с$, *н*; б) $W_к = (к_к + в) - с$, *н*;

в) $W_к = \frac{к_к + в}{с}$, *н*; г) $W_к = к_к \cdot в \cdot с$, *н*.

60. По какой формуле определяется теоретическая производительность бульдозера?

а) $П_{теор.} = \frac{360 \cdot V_{пр}}{t_ц} м^3/ч$; б) $П_{теор.} = \frac{3600 \cdot t_ц}{V_{пр}} м^3/ч$;

в) $П_{теор.} = \frac{3{,}6 \cdot V_{пр}}{t_ц} м^3/ч$; г) $П_{теор.} = \frac{3600 \cdot V_{пр}}{t_ц} м^3/ч$.

61. Укажите неправильный ответ вида производительности экскаватора:
а) теоретическая; б) техническая; в) комбинированная; г) эксплуатационная.
62. К какой группе машин относится скрепер?
а) землеройной; б) землеройно-транспортной; в) землевозной; г) погрузочной.
63. По способу передвижения различают скреперы:
а) прицепные; б) полуприцепные; в) навесные; г) самоходные.
64. По вместимости ковшей скреперы разделяются на:
а) малые; б) средние; в) большие; г) сверхбольшие.
Укажите неправильный ответ.
65. По способу разгрузки ковша скреперы разделяются на:
а) свободная; б) принудительная; в) самотечная; г) полупринудительная.
Укажите неправильный ответ.
66. Главным параметром скрепера является:
а) ширина ковша; б) высота ковша; в) вместимость ковша; г) длина ковша.
67. Укажите правильную марку скрепера:
а) ДЗ-42Г; б) ДЗ-77А; в) ДЗ-501; г) ДЗ-122А.
68. Укажите правильную формулу для определения эксплуатационной производительности скрепера

а) $П_{экс.} = \frac{3600 \cdot q \cdot к_н \cdot к_и}{t_ц к_р} м^3/час$; б) $П_{экс.} = \frac{360 \cdot q \cdot к_р \cdot к_и}{t_ц к_н} м^3/час$;

в) $П_{экс.} = \frac{36 \cdot q \cdot к_н \cdot к_и}{t_ц к_р} м^3/час$; г) $П_{экс.} = \frac{3{,}6 \cdot q \cdot к_н \cdot к_и}{t_ц к_р} м^3/час$.

69. Укажите правильную формулу для определения сопротивления копанию грунта скрепером:
а) $W_к = H_к BC$, н; б) $W_к = K_к BC$, н; в) $W_к = L_к BC$, н; г) $W_к = qBC$, н.
70. Укажите правильную формулу для определения сопротивления передвижению самоходного скрепера:

а) $W_f = (G_{ск} + G_{гр})(f \pm i)\, q$, н; б) $W_f = (G_{теч} - G_{гр})(f + i)\, q$, н;
в) $W_f = (G_{ковша} + G_{гр})(f \pm i)\, q$, н; г) $W_f = (G_{ковша} - G_{гр})(f \pm i)\, q$, н.

71. Укажите правильную формулу для определения сопротивления наполнению ковша:
а) $W_н = W'_н + W''_н$; б) $W_н = W'_н - W''_н$; в) $W_н = W'_н / W''_н$; г) $W_н = W'_н \cdot W''_н$.
72. Мощность двигателя самоходного скрепера определяется по формуле:

а) $N_{ДВ} = \frac{W_{общ} \cdot V_{\min}}{3{,}6\eta_0} кВт$; б) $N_{ДВ} = \frac{3{,}6 W_{общ} \cdot V_{\min}}{\eta_0} кВт$;

в) $N_{ДВ} = \dfrac{3{,}6W_{общ}}{V_{\min}\eta_0}\,кВт$; г) $N_{ДВ} = \dfrac{36W_{общ}}{V_{\min}\eta_0}\,кВт$.

73. Укажите правильную формулу для определения общего сопротивления при копании грунта скрепером:

а) $W_0 = W_к + W_f + W_{пр} + W_н$; б) $W_0 = W_к + W_f + W_{в.о} + W_н$;
в) $W_0 = W_к + W_f + W_н + W_{ин}$; г) $W_0 = W_к + W_f + W_{пр} + W_н + W_{ин}$.

74. Работоспособность скрепера определяется по следующим условиям:

а) $T_{хк} \geq W_{общ}$ б) $N_{дв} \geq W_{общ}$ в) $T_{сц} \geq W_{общ}$ г) $T_{сц} \geq W_{общ}$
$T_{сц} \geq W_{общ}$; $T_{хк} \geq W_{общ}$; $N_{дв} > W_{общ}$; $N_{дв} \geq T_{сц}$.

75. Самоходные скреперы служат для разработки и перемещения грунта на расстояние:

а) 1…2 км; б) 5…8 км; в) 10…16 км; г) 20…32 км.

76. Автогрейдеры – это:

а) самоходные грейдеры; б) самоходное оборудование; в) самоходные тракторы; г) самоходные установки.

77. Главным параметром автогрейдеров является:

а) ширина отвала; б) высота отвала; в) масса; г) мощность.

78. Основным рабочим органом автогрейдера является:

а) ковш; б) кирковщик; в) отвал; г) фреза.

79. Автогрейдеры разделяются на:

а) легкие; б) средние; в) тяжелые; г) макситяжелые.

Укажите неправильный ответ.

80. Укажите неправильный ответ параметра рабочего органа автогрейдера:

а) ширина отвала; б) высота отвала; в) длина отвала; г) глубина отвала.

81. Силу тяги автогрейдера определим по формуле:

а) $T_{сц} = G_{сц}\varphi_{сц}$, н; б) $T_{сц} = G_а\varphi_{сц}$, н; в) $T_{сц} = G_{сц}f$, н; г) $T_{сц} = G_а f$, н.

82. Сопротивление копанию грунта автогрейдером определяется по формуле:

а) $W_к = K_к B_0 H_{от}$ н; б) $W_к = K_к F_{стр}$ н;
в) $W_к = B_0 L_0 H_{отв}$ н; г) $W_к = fB_0 L_0$ н.

83. Производительность автогрейдера определяется:

а) по объему вырезанного грунта; б) в км спрофилированной поверхности; в) в квадратных метрах спланированной площади; г) в метрах перемещаемого грунта.

Укажите неправильный ответ.

84. Эксплуатационная производительность автогрейдера определяется по формуле:

а) $П_{экс.} = \dfrac{3{,}6 \cdot q_0 \cdot к_и}{t_ц}\,м^3/час$; б) $П_{экс.} = \dfrac{36 \cdot q_0 \cdot к_и}{t_ц к_р}\,м^3/час$;

в) $П_{экс.} = \dfrac{360 \cdot q_0 \cdot к_н}{t_ц к_р}\,м^3/час$; г) $П_{экс.} = \dfrac{3600 \cdot q_0 \cdot к_и}{t_ц}\,м^3/час$.

85. Общее сопротивление при копании грунта автогрейдером определяется по формуле:

а) $W_0 = W_к + W_f + W_{в.о.} + W_{в.ст.} + W_{пр}$; б) $W_0 = W_к + W_f + W_{в.о.} + W_{ин.} + W_{пр}$;
в) $W_0 = W_к + W_f + W_{в.ст.} + W_{ин.} + W_{пр}$; г) $W_0 = W_к + W_{тр.} + W_{в.с.} + W_{ин.} + W_{пр}$.

86. Укажите правильную марку автогрейдера:

а) ДЗ-171; б) ДЗ-172; в) ДЗ-148; г) ДЗ-501.

87. Укажите правильную запись колесной формулы автогрейдера:

а) $А \times Б \times В$; б) $\dfrac{А \times Б}{В}$; в) $А + Б + В$; г) $А : Б : В$.

88. Автогрейдер состоит из следующих механизмов:

а) двигателя, рабочего органа, системы управления, трансмиссии, ходового оборудования;
б) двигателя, рабочего органа, кирковщика, трансмиссии, системы управления;

в) двигателя, рабочего органа, системы управления, трансмиссии, рыхлителя;
г) рабочего органа, системы управления, трансмиссии, рыхлителя, ходового оборудования.
89. По мощности автогрейдеры разделяются на:
а) легкие, средние, полусредние, малогабаритные;
б) малогабаритные, легкие, средние, тяжелые;
в) легкие, средние, тяжелые, особотяжелые;
г) легкие, полулегкие, средние, тяжелые.
90. Грейдер-элеватор – это:
а) землеройная машина; б) землевозная машина; в) землеройно-транспортная машина; г) транспортная машина.
91. Укажите неправильный тип рабочего органа грейдер-элеватора:
а) дисковый нож; б) плоский нож; в) совковый нож; г) рыхлительный нож.
92. Укажите неправильный тип привода рабочего органа грейдер-элеватора:
а) механический; б) гидравлический; в) многомоторный; г) дизель-электрический.
93. Назовите основные параметры рабочего (дискового органа) грейдер-элеватора:
а) диаметр диска, радиус кривизны, угол резания, угол наклона, угол захвата;
б) диаметр диска, ширина диска, угол резания, угол наклона, радиус кривизны;
в) высота диска, ширина диска, угол резания, угол наклона, радиус кривизны;
г) диаметр диска, ширина диска, глубина диска, угол резания, радиус кривизны.
94. Сопротивление копанию грунта грейдер-элеватором определяется по формуле:
а) $W_к = K_к B\ C$, н; б) $W_к = 0{,}2\ D^2 K_к$, н; в) $W_к = fB\ C$, н; г) $W_к = KBL$, н.
95. Укажите правильную марку грейдер-элеватора:
а) ДЗ-122А; б) ДЗ-501; в) ДЗ-110; г) ДЗ-11П.
96. Укажите по какой формуле определяется уравнение тягового баланса землеройно-транспортной машины:
а) $T_{хк} = W_к + W_f + W_п + W_{ин}$; б) $T_{хк} = W_к + W_f + W_н + W_{ин}$;
в) $T_{хк} = W_к + W_п + W_н + W_{ин}$; г) $T_{хк} = W_к + W_f + W_{в.о.} + W_{ин}$.
97. Укажите, по каким условиям определяется работоспособность землеройной машины:
а) $T_{хк} = W_{общ}$ б) $T_{хк} \geq W_{общ}$ в) $T_{сц} \neq W_{общ}$ г) $T_{сц} < W_{общ}$
$T_{хк} \neq W_{общ}$; $T_{сц} \geq W_{общ}$; $T_{хк} \neq W_{общ}$; $T_х < W_{общ}$.
98. По какой формуле записывается уравнение баланса мощности землеройной машины?
а) $N = N_f + N_{ин} + N_б + N_{под} + N_к$; б) $N = N_f + W_{ин} + N_б + N_{пов} + N_к$;
в) $N = N_f + N_{ин} + N_к + N_н + N_п$; г) $N = N_к + W_{ин} + N_б + N_н + N_п$.
99. Одноковшовый фронтальный погрузчик предназначен для:
а) копания грунта и погрузки его; б) погрузочно-разгрузочных работ;
в) транспортирования грунта; г) перемещения материала.
100. Укажите главный параметр одноковшового погрузчика:
а) вместимость ковша; б) грузоподъемность; в) мощность двигателя; г) масса.
101. Одноковшовый погрузчик может иметь:
а) перекидное оборудование; б) полуповоротное оборудование;
в) фронтальное оборудование; г) комбинированное оборудование.
102. По типу базовой машины одноковшовые погрузчики различают:
а) на специальном базовом шасси; б) на модификациях промышленных тракторов; в) на тракторах общего назначения; г) землеройно-транспортных машинах. Укажите неправильный ответ.
103. Номинальная грузоподъемность одноковшового погрузчика определяется по формуле:
а) $Q_{ном} = Q/К$; б) $Q_{ном} = Q \cdot К$; в) $Q_{ном} = Q + К$; г) $Q_{ном} = Q – К$.
104. Основным рабочим органом погрузчика является:
а) ковш экскаватора; б) ковш скрепера; в) уширенный ковш; г) ковш драглайн.

105. Эксплуатационная производительность одноковшового погрузчика определяется по формуле:

а) $П_{экс.} = \frac{3600 \cdot q \cdot к_н к_и}{t_ц к_р} м^3 / час$; б) $П_{экс.} = \frac{360 \cdot g \cdot к_н к_и}{t_ц к_р} м^3 / час$;

в) $П_{экс.} = \frac{36 \cdot q \cdot к_н к_и}{t_ц к_р} м^3 / час$; г) $П_{экс.} = \frac{3{,}6 \cdot g \cdot к_н к_и}{t_ц к_р} м^3 / час$.

106. Цикл одноковшового погрузчика – это время на:

а) наполнение ковша; б) наполнение ковша, время на отъезд от забоя; в) наполнение ковша, на отъезд от забоя, время на подъезд к транспорту; г) наполнение ковша, на отъезд от забоя, на подъезд к транспорту и время на разгрузку и время на подъезд к забою.

107. Усилие на штоке гидроцилиндра стрелы погрузчика определяется по формуле:

а) $S_{ц.с.} = p_{уд}F$, н; б) $S_{ц.с.} = p_{уд}B_к L_к$, н; в) $S_{ц.с.} = p_{уд}/F$, н; г) $S_{ц.с.} = F/p_{уд}$, н.

108. Укажите правильную марку одноковшового погрузчика:

а) ДП-26; б) ТО-49; в) ДЗ-122; г) ДУ-16.

109. Укажите главный параметр рыхлителя прочных грунтов:

а) глубина рыхлителя; б) мощность двигателя; в) тяговое усилие по сцеплению; г) ширина рыхления.

110. По тяговому усилию рыхлители разделяются на:

а) легкие; б) средние; в) тяжелые; г) малогабаритные.

Укажите неправильный ответ.

111. Рабочим органом рыхлителя является:

а) клин; б) стойка; в) зуб; г) винт.

112. Эксплуатационная производительность рыхлителя прочных грунтов определяется по формуле:

а) $П_{экс.} = \frac{B_p h_p \cdot V_p \cdot к_{пер} \cdot к_{исп}}{к_п \eta} м^3 / час$; б) $П_{экс.} = \frac{B_p L_p \cdot к_{пер} \cdot к_{исп}}{V_p к_п \eta} м^3 / час$;

в) $П_{экс.} = \frac{B_p h_p \cdot V_p \cdot к_{пер}}{к_{исп} \eta} м^3 / час$; г) $П_{экс.} = \frac{L_p h_p \cdot к_{пер} \cdot к_п}{V_p \eta к_и} м^3 / час$.

113. Применяются следующие типы зубьев рыхлителей:

а) прямой; б) изогнутый; в) с наконечником; г) комбинированный.

Укажите неправильный тип зубьев.

114. Укажите неверную схему навески рыхлительного оборудования:

а) трехзвенная; б) четырехзвенная; в) двухзвенная; г) параллелограмная.

115. Сцепный вес рыхлителя определяется по формуле:

а) $G_{сц.} = G_{тр} + G_{зуба}$; б) $G_{сц.} = G_{тр.} + G_{рыхл.}$;

в) $G_{сц.} = G_{тр} – G_{рыхл.}$; г) $G_{сц.} = G_{тр} \cdot G_{рыхл}$.

116. Укажите неверный способ заполнения ковша погрузчика:

а) раздельный; б) совмещенный; в) напорный; г) внедрение с подъемом стрелы.

117. Для предварительной подготовки к разработке мерзлого грунта применяются следующие способы:

а) укрытие его от промерзания; б) оттаивание грунта; в) механическое рыхление; г) гидравлическое рыхление.

Укажите неправильный способ разработки.

118. Укажите неверные механизмы для разработки мерзлых грунтов:

а) рыхлители; б) машины с рабочим органом вращательного действия; в) машины с рабочим органом ударного действия; г) машины с рабочим органом электрического действия.

119. Грунты уплотняются следующими способами:
а) укаткой; б) трамбованием; в) вибротрамбованием; г) намыванием.
Укажите неверный способ уплотнения грунтов.
120. Грунты состоят из следующих фаз:
а) твердой; б) жидкой; в) газообразной; г) комбинированной.
Укажите неверный ответ.
121. Катки по виду рабочего оборудования разделяются на:
а) гладкие; б) пневмоколесные; в) электроколесные; г) комбинированные.
122. Назовите главный параметр катков
а) мощность двигателя; б) скорость движения; в) масса катка; г) ширина катка.
123. Катки с гладкими вальцами уплотняют грунт на глубину до:

а) 20 см; б) 40 см; в) 80 см; г) 100 см.

124. Основными параметрами рабочего органа катка с гладкими вальцами являются:
а) диаметр вальца; б) ширина вальца; в) масса вальца; г) толщина стенки вальца.
Укажите неправильный ответ.
125. Максимальные напряжения, создаваемые катком при уплотнении грунта, определяются по формуле:

а) $\sigma_{max} = (1{,}1\ldots1{,}2)\ \sigma_р$; б) $\sigma_{max} = (0{,}9\ldots1{,}0)\ \sigma_р$;
в) $\sigma_{max} = (0{,}5\ldots0{,}8)\ \sigma_р$; г) $\sigma_{max} = \sigma_р$.

126. Катки по способу агрегатирования разделяются на:
а) прицепные; б) полуприцепные; в) самоходные; г) комбинированные.
Укажите неправильный ответ.
127. Ширина вальца определяется по формуле:

а) $B_в = (1{,}0\ldots1{,}2)\ D_в$; б) $B_в = (1{,}5\ldots2{,}0)\ D_в$;
в) $B_в = (0{,}5\ldots1{,}0)\ D_в$; г) $B_в = (2{,}0\ldots2{,}5)\ D_в$.

128. Эксплуатационная производительность катков определяется по формуле:

а) $П_{экс.} = \dfrac{LH_0(B-0{,}2)к_и}{\left(\dfrac{L}{V_p}+t_n\right)n}\ м^3/час$; б) $П_{экс.} = \dfrac{LH_0(B+0{,}2)к_и}{\left(\dfrac{L}{V_p}+t_n\right)}\ м^3/час$;

в) $П_{экс.} = \dfrac{LH_0(B-0{,}2)}{\left(\dfrac{L}{V_p}+t_n\right)n}\ м^3/час$; г) $П_{экс.} = \dfrac{LH_0(B+0{,}2)к_и}{\left(\dfrac{V_p}{L}+t_n\right)n}\ м^3/час$.

129. Катки на пневматических шинах уплотняют грунты на глубину до:

а) 10 см; б) 50 см; в) 100 см; г) 150 см.

130. Основными параметрами пневматических катков являются:
а) вес катка; б) число колес; в) давление воздуха в шинах; г) типоразмер шин.
Укажите неправильный ответ.
131. Назовите правильную марку катка:

а) ДЗ-13; б) ДП-13; в) ДУ-16; г) ЭО-1624.

132. При работе катка возникают следующие сопротивления:
а) сопротивление качению колес; б) сопротивление движению на уклон; в) сопротивление преодолению сил инерции; г) сопротивление призмы волочения.
Укажите неправильный ответ.
133. Трамбующие машины для уплотнения грунта разделяются на:
а) трамбующие плиты; б) трамбующие органы пневматического действия; в) молотковые трамбующие машины; г) трамбующие рамы.
Укажите неправильный ответ.

134. Уплотнение грунтов трамбованием основывается на:
а) теории рыхления; б) теории взрыва; в) теории удара; г) теории колебания.
135. Оптимальная глубина уплотнения грунта трамбующими машинами определяется по формуле:

$$\text{а) } H_0 = 0{,}7\frac{W}{W_0}H_{пр}, см; \text{ б) } H_0 = \frac{W}{W_0}H_{пр}, см;$$

$$\text{в) } H_0 = 1{,}4\frac{W}{W_0}H_{пр}, см; \text{ г) } H_0 = 0{,}5\frac{W}{W_0}H_{пр}, см.$$

136. Ширина плиты определяется по формуле:
а) B = (0,8…1,0) H_0; б) B = (1,0…1,5) H_0;
в) B = (1,5…2,0) H_0; г) B = (2,0…2,5) H_0.
137. Эффективность уплотнения грунтов вибротрамбованием зависит от:
а) влажности грунта; б) величины частиц грунта;
в) частоты колебаний; г) коэффициента уплотнения.
138. Возбудителем колебаний в вибротрамбующих машинах является вибратор:
а) ненаправленного действия; б) направленного действия;
в) маятникового действия; г) шагающего действия.
Укажите неправильный ответ.
139. К основным параметрам вибрационных плит относятся:
а) размеры виброплиты; б) вес возмущающихся частей вибратора; в) частота колебаний;
г) мощность двигателя.
Укажите неправильный ответ.
140. Вибрационные катки повышают глубину уплотнения грунта до:
а) 25%; б) 50%; в) 100%; г) 125%.
Укажите неправильный ответ.
141. Глубина уплотнения вибрационными катками зависит от:
а) гранулометрического состава грунта; б) скорости движения катка; в) линейного давления;
г) контактного напряжения.
Укажите неправильный ответ.
142. Максимальные напряжения, возникающие в грунте при уплотнении виброкатками, определяется по формуле:

$$\text{а) } \sigma_{\max} = 0{,}5\sqrt{\frac{q_в \cdot E_0}{R}} н/см^2; \text{ б) } \sigma_{\max} = 1{,}0\sqrt{\frac{q_в \cdot E_0}{R}} н/см^2;$$

$$\text{в) } \sigma_{\max} = 1{,}5\sqrt{\frac{q_в \cdot E_0}{R}} н/см^2; \text{ г) } \sigma_{\max} = 2{,}0\sqrt{\frac{q_в \cdot E_0}{R}} н/см^2.$$

143. Гидромеханический способ разработки грунтов – это:
а) разработка грунта топливом; б) разработка грунта водой; в) разработка грунта воздухом;
г) разработка грунта электроэнергией.

144. Оборудование для гидравлического способа разработки грунта разделяется на:
а) гидромониторы; б) гидроэлеваторы; в) землесосные установки; г) каналокопатели.
Укажите неправильный ответ.
145. Основные параметры гидромонитора:
а) скорость движения воды из насадки; б) дальность полета струи; в) диаметр насадки;
г) ширина насадки.
Укажите неправильный ответ.
146. Землесосные установки служат для:

а) перемещения пульпы; б) размещения пульпопровода; в) всасывания грунта со дна водоема и перемещения его; г) размещения оборудования.
Укажите неправильный ответ.
147. Землесосные установки разделяются на классы:
а) мелкие; б) средние; в) крупные; г) минигабаритные.
Укажите неправильный ответ.
148. Землесосные установки совершают рабочие перемещения с помощью:
а) обычного свайного хода; б) роторного свайного хода; в) комбинированного свайного хода; г) гидравлического свайного хода.
Укажите неправильный ответ.
149. При конструировании машин для земляных работ необходимо учитывать следующие требования:
а) конструктивно-технологические; б) социально-экономические; в) эксплуатационные; г) передовые.
Укажите неправильный ответ.
150. При оценке преимущества той или иной землеройной машины учитываются следующие удельные показатели:
а) удельная энергоемкость машины; б) удельная материалоемкость машины; в) себестоимость единицы продукции; г) прибыль машины.
Укажите неправильный ответ.

3.4 Критерии оценки результатов учебной деятельности

В экзаменационные билеты включаются два теоретических вопроса по разделу и задача. Каждый теоретический вопрос оценивается из 4-х баллов, задача - из 2-х баллов.

1. Теоретический вопрос.

4 балла - дан полный логический вывод по поставленному вопросу с записью в их математических формул, даны пояснения по принятым составляющим формул.

3 балла - приведены зависимости по поставленному вопросу, даны логические выводы без пояснений по принятым составляющим формул.

2 балла - приведены неполные зависимости по поставленному вопросу с кратким логическим выводом без пояснений.

1 балл - приведены неполные зависимости по поставленному вопросу без выводов и пояснений.

0 баллов - отсутствует ответ на поставленный вопрос.

2. Задача.

2 балла - приведено полное решение задачи с математическими расчетами и пояснениями.

1 балл - приведено неполное решение задачи без пояснений.

0 баллов - отсутствует решение задачи.

3. Итоговая оценка

Итоговая оценка складывается из суммы баллов по двум теоретическим вопросам и задачи.

3.5 Критерии оценки курсового проекта

10 баллов - пояснительная записка и графическая часть выполнены аккуратно, с необходимыми расчетами, без ошибок. Студент дал четкие и правильные пояснения по курсовому проекту, ответил на заданные вопросы, привел элементы научно-исследовательской работы.

9 баллов - пояснительная записка и графическая часть выполнены аккуратно, с необходимыми расчетами, без ошибок. Студент дал четкие и правильные пояснения по курсовому проекту, ответил на заданные вопросы.

8 баллов - пояснительная записка и графическая часть выполнены аккуратно, с необходимыми расчетами, без ошибок. Студент дал четкие и правильные пояснения по курсовому проекту, дал неполные ответы на заданные вопросы.

7 баллов - пояснительная записка и графическая часть выполнены аккуратно, с необходимыми расчетами, без ошибок. Студент дал пояснения по курсовому проекту с некоторыми неточностями, ответы на заданные вопросы были неполными.

6 баллов - пояснительная записка и графическая часть выполнены не достаточно аккуратно, с некоторыми ошибками в расчетах. Студент дал неполные пояснения по курсовому проекту, ответы на заданные вопросы были неполными и неточными.

5 баллов - пояснительная записка и графическая часть выполнены не достаточно аккуратно, с многочисленными неточностями и ошибками. Студент дал неполные пояснения по курсовому проекту, ответы на заданные вопросы были неполными и неточными.

4 балла - пояснительная записка и графическая часть выполнена небрежно, с многочисленными неточностями и ошибками. Студент дал неполные пояснения по курсовому проекту, ответы на заданные вопросы были неполными и неточными.

Курсовой проект, выполненный несамостоятельно, не допускается к защите и студенту выдается новое задание.

Курсовой проект, выполненный с многочисленными ошибками, влияющими на дальнейшие расчеты и выполнение графической части, не допускается к защите.

4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор УО БГСХА
_____ А. В. Соляник
_____ 2016 г.
Регистрационный № УД-11-33-16 / уч.

МАШИНЫ ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:**

**1-74 06 04 Техническое обеспечение мелиоративных
и водохозяйственных работ**

2016 г.

Учебная программа составлена в соответствии с образовательным стандартом высшего образования первой ступени ОСВО 1-74 06 04–2013, учебными планами № С-06-41-15у от 15.03.2015 г., № С-06-40-15у от 15.03.2015 г.

СОСТАВИТЕЛИ:

С. Г. Рубец, к.т.н., доцент кафедры мелиоративных и строительных машин УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»;

В. М. Горелько, к.т.н., зав. кафедрой мелиоративных и строительных машин УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»;

А. В. Пашкевич, к.т.н., доцент кафедры мелиоративных и строительных машин УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

И. В. Лесковец, к.т.н., зав. кафедрой «Строительные, дорожные, подъемно-транспортные машины и оборудование» ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»;

А. Н. Басаревский, к.т.н., зав. лабораторией механизации культуртехнических работ РУП НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства,

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой мелиоративных и строительных машин (протокол №_____ от _____2016 г.);

Методической комиссией факультета механизации сельского хозяйства (протокол №_____от _____2016 г.);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» (протокол №__от _____2016 г.).

Ответственный за редакцию: С. Г. Рубец

Ответственный за выпуск: С. Г. Рубец

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина «Машины для земляных работ» в подготовке инженера по техническому обеспечению мелиоративных и водохозяйственных работ является решающей в изучении конструкций и методик расчета этих специализированных машин.

1.1 Цели и задачи учебной дисциплины

Цель преподавания учебной дисциплины – на основе изучения конструкции и работы основных типов машин для земляных работ, их технических возможностей и методик проектирования, подготовить будущего инженера к эффективному освоению существующих отечественных и зарубежных землеройных машин, а также разработке и теоретическому обоснованию технических предложений по модернизации существующих или созданию новых машин или их составных частей.

Задачи учебной дисциплины:

– выработать у специалиста знания, необходимые для освоения конструкций землеройных машин;

– изучить особенности применения различных типов землеройных машин как базу для последующего освоения вопросов технической эксплуатации, технологии мелиоративных работ, охраны труда, экономики строительного производства;

– изучить методику расчета типичных землеройных машин и их рабочих органов, ознакомиться с приемами выявления недостатков конструкций машин и методами их устранения и на этой основе разрабатывать и теоретически обосновывать предложения по улучшению существующих или проектированию новых машин.

При преподавании дисциплины рекомендуется широко использовать информационные технологии, наглядные пособия, макеты и различные педагогические приемы. При изложении материала необходимо соблюдать единство терминологий и обозначений в соответствии с действующими стандартами, международную систему измерений СИ. Важно выработать у студентов навыки работы со стандартами и нормативно-справочными материалами.

Содержание дисциплины представлено в виде тем, которые характеризуются относительно самостоятельными укрупненными дидактическими единицами содержания обучения. Содержание тем опирается на приобретенные ранее студентами компетенции при изучении естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин: «Теоретическая механика», «Теория механизмов и машин», «Детали машин и подъемно-транспортные механизмы», «Гидравлика и гидропривод», «Метрология, стандартизация и сертификация», «Тракторы и автомобили» и др., а также отдельных разделов математики и физики.

В свою очередь, дисциплина «Машины для земляных работ» используется при изучении следующих дисциплин: «Ремонт мелиоративных и строительных машин», «Техническое обслуживание мелиоративных и строительных машин», «Охрана труда», «Технология и организация мелиоративного и водохозяйственного строительства», «Экономика мелиоративного и водохозяйственного строительства».

Требования к освоению учебной дисциплины. В результате изучения учебной дисциплины «Машины для земляных работ» согласно образовательному стандарту высшего образования первой ступени ОСВО 1-74 06 04 – 2013 специалист должен закрепить и развить следующие академические (АК) и профессиональные (ПК) компетенции:

– АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;

– АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом;

– АК-3. Владеть исследовательскими навыками;

– АК-4. Уметь работать самостоятельно;

– АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью);

– АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;

– АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;

–ПК-1. Определять оптимальный состав и структуру машинно-тракторного парка предприятия и его ремонтно-обслуживающей базы;

– ПК-4. Проводить расчеты по определению оптимальных режимов мелиоративных технологических процессов, а также процессов восстановления и упрочнения деталей;

– ПК-5. Разрабатывать и применять методы и средства технической диагностики машин и оборудования;

– ПК-7. Осуществлять контроль за соблюдением технологической дисциплины, правильной эксплуатацией машин и технологического оборудования;

–ПК-8. Подготавливать исходные данные для составления планов, смет, заявок на запасные части, материалы, оборудование;

– ПК-12. Анализировать причины нарушений требований при выполнении механизированных технологических процессов, принимать участие в разработке мероприятий по их предупреждению;

– ПК-13. Взаимодействовать со специалистами смежных областей;

– ПК-15. Готовить доклады, материалы к презентациям;

– ПК-16. Пользоваться глобальными информационными ресурсами;

– ПК-17. Изучать специальную литературу и другую научно-техническую информацию, достижения отечественной и зарубежной науки и техники в области механизации мелиоративных работ;

– ПК-18. Рассматривать рационализаторские предложения по совершенствованию технологий производства;

– ПК-19. Организовывать испытания строительных и мелиоративных машин с исследованием отдельных процессов при выполнении технологических операций;

– ПК-20. Планировать и осуществлять экспериментальное исследование технических предложений по совершенствованию машин или их частей, технологического оборудования, технологических процессов;

– ПК-21. Составлять во взаимодействии со специалистом патентную документацию;

– ПК-22. Участвовать в проведении научных исследований или выполнении технических разработок;

– ПК-24. Разрабатывать и принимать участие в реализации мероприятий по повышению эффективности производства, сокращению расхода материальных ресурсов, снижению трудоемкости и энергоемкости, повышению производительности труда;

– ПК-25. Разрабатывать и обосновывать расчетами технические предложения по совершенствованию машин или их частей, технологического оборудования, технологических процессов;

– ПК-26. Разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные научно-исследовательские и проектно-конструкторские работы;

– ПК-30. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективам развития мелиоративного производства, инновационным технологиям, проектам и решениям;

– ПК-32. Работать с научной, технической и патентной литературой.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

знать:

– назначение, область применения, индексацию, технические возможности, принцип действия, основные регулируемые параметры машин для земляных работ;

– особенности техники безопасности;

– основные технико-экономические показатели машин, конструктивно-компоновочные схемы;

– основы теории и расчета конструктивно-технологических параметров машин, тяговые, силовые и прочностные расчеты;

– тенденции развития машин;

уметь:

– рационально подбирать необходимую технику для выполнения земляных работ;

– определять нагрузки, действующие на машину и ее сборочные единицы, конструировать элементы и агрегаты машин;

– вести поисковые научно-исследовательские работы, обосновывать технические предложения по улучшению существующих или созданию новых машин;

владеть:

– методами расчета конструктивных и технологических параметров машин для земляных работ и их рабочих органов;

– методами расчета сил при разработке грунта;

– методами расчета сопротивлений при разработке грунта;

– методами расчета технико-экономических параметров машин;

– основами безопасной эксплуатации машин для земляных работ.

Общее количество часов и количество аудиторных часов, отводимое на изучение учебной дисциплины. Для дневной (полной) формы получения высшего образования общее количество часов, отводимых на изучение учебной дисциплины «Машины для земляных работ» по специальности 1-74 06 04 «Техническое обеспечение мелиоративных и водохозяйственных работ» составляет 368 часов. Из них 204 часа аудиторные занятия, 164 часа – самостоятельная работа. По видам занятий предусмотрено следующее распределение аудиторного времени: лекции – 84 часа, практические занятия – 18 часов, лабораторные занятия – 102 часа. На курсовой проект отводится 60 часов. Рекомендуемая форма текущей аттестации – курсовой проект, зачет, экзамен.

Учебная дисциплина преподается на 3 курсе в 5 и 6 семестрах.

Для дневной (сокращенной) формы получения высшего образования общее количество часов, отводимых на изучение учебной дисциплины «Машины для земляных работ» по специальности 1-74 06 04 «Техническое обеспечение мелиоративных и водохозяйственных работ» составляет 368 часов. Из них 118 аудиторные занятия, 250 часов – самостоятельная работа. По видам занятий предусмотрено следующее распределение аудиторного времени: лекции – 50 часов, практические занятия – 18 часов, лабораторные занятия – 50 часов. На курсовой проект отводится 60 часов. Рекомендуемая форма текущей аттестации – курсовой проект, зачет, экзамен.

Учебная дисциплина преподается на 2 курсе в 4 семестре и на 3 курсе в 5 семестре.

2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

ВВЕДЕНИЕ

Состояние и развитие механизации мелиоративного строительства и строительного машиностроения.

Роль и место машин для земляных работ в мелиорации. Парк машин для земляных работ и его формирование. Комплексная механизация и автоматизация производственных процессов.

Общие сведения о машинах для земляных работ. Их классификация. Общие требования к машинам; их основные части. Направления развития машин для земляных работ.

Главный и основные параметры машин.

Производительность машины, ее виды.

Экономическая эффективность внедрения новой техники. Значение изобретений и рационализаторских предложений.

Типаж машины – основа для создания базовых моделей. Типоразмерные ряды машин. Унификация и стандартизация агрегатов, сборочных единиц и деталей. Специализация производства машин. Модульный принцип создания унифицированных машин.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МАШИНАХ ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

1.1. Силовое оборудование

Классификация силового оборудования и предъявляемые к нему требования. Основные характеристики дизельных и карбюраторных двигателей внутреннего сгорания. Перспективное силовое оборудование. Применение различных двигателей. Особенности использования двигателей при комбинированном, одномоторном и многомоторном приводе машин.

Дизель-электрический привод. Двигатели и трансмиссии многомоторного привода. Мотор-колесо.

Понятие о передвижном энергетическом оборудовании.

1.2. Приводные устройства и силовые передачи

Назначение и классификация. Механические трансмиссии; передачи, редукторы, коробки перемены передач, муфты, карданные валы, механические ходоуменьшители, оборудование канатно-блочного привода. Кинематические схемы машин с графическим изображением элементов.

Гидродинамические и гидромеханические передачи. Гидравлические объемные приводы. Типы и параметры гидронасосов, гидромоторов, гидроцилиндров и распределителей.

Пневматический привод, его применение. Виды поршневых и ротационных устройств для пневмопривода, применяемого в машинах.

Графическое изображение схем с условными обозначениями.

1.3. Системы управления

Классификация. Описание систем: рычажной, механической (редуктор-ной), гидравлических (насосной и безнасосной), пневматической, электрической, электрогидравлической, электропневматической. Принципиальные схемы, оборудование, примеры применения. Параметры систем. Устройство автоматического регулирования.

Применение программного и автоматического управления машинами. Устройства для регистрации и автоматического учета работы и производительности машин.

1.4. Ходовое оборудование машин

Гусеничный ход – обычный, с увеличенным опорным контуром (болотный), многоопорный, малоопорный. Типы гусениц. Конструкции элементов гусеничного хода. Условия применения гусеничного хода различных типов и конструкций. Конструктивные параметры двухгусеничного ходового оборудования. Суммарные сопротивления движения машины на гусеничном ходу. Эпюры давления. Проходимость.

Пневмоколесный ход. Виды и типоразмеры пневматических шин, применяемых на строительных машинах. Применение пневмоколесного хода. Полугусеничный ход. Суммарное сопротивление движению на пневмоколесном ходу. Подбор пневматических шин.

Шагающий ход. Назначение и применение. Принципиальные схемы и элементы конструкций механизмов шагающего хода.

Особенности рельсового и комбинированного механизмов передвижения. Общие сведения о плавучем ходе.

Понятие о машинах на воздушной и магнитной подушках, шнековом ходовом оборудовании. Работа экскаваторов на сланях.

1.5. Вибрационные и вибровозбудительные устройства

Механизмы для возбуждения колебаний – круговых и направленных. Дебалансовые вибровозбудители круговых одночастных колебаний, направленных – с дебалансами на одной оси (маятниковых), направленных – с дебалансами на параллельных осях, кинематически связанные и самосинхронизирующиеся. Планетарные вибровозбудители с внешней и внутренней обкаткой бегунков, одночастотные и поличастотные. Виды и элементы конструкций привода электромеханических, пневматических вибровоздителей различных видов и типов. Их достоинства и недостатки.

Виброударные устройства с положительными, отрицательными и нулевыми зазорами. Принципиальные схемы. Элементы конструкций. Параметры. Применение.

1.6. Рабочие органы машин и их взаимодействие с грунтом

Объем и характер земляных работ в мелиоративном и водохозяйственном строительстве. Классификация грунтов и влияние их физико-механических свойств на разработку машинами. Мерзлые грунты и их физико-механические свойства.

Рабочие процессы и основные операции при разработке, перемещении, отсыпке, разравнивании и уплотнении грунта.

Общая классификация машин для земляных работ:

Основы теории резания грунтов. Методы разработки грунтов – резание и отделение стружки. Виды и формы рабочих органов простой клин, косой клин, рабочий орган с криволинейной поверхностью (плужный, дисковый, совковый, ковш, периметр, ротор); комбинированные виды резания – блокированное, полублокированное, свободное.

Резание грунта, отделение от грунтового массива стружки клинообразным инструментом. Виды стружки. Пространственное взаимодействие режущего инструмента с грунтом. Площадь лобовой грани ножа и длина режущей кромки. Боковое расширение и критическая глубина прорези. Изменение усилий резания в закритической области. Оптимальное соотношение размеров режущего органа. Уплотненное ядро и его образование.

Влияние затупления и износа на сопротивление резанию. Зависимость усилий резания от его угла. Основные усилия, действующие на клин, их связь с геометрией клина.

Сведения о развития теории резания и копания грунтов (Горячкин В. П., Домбровский Н. Г., Зеленин А. Н., Ветров Ю. А. и др.).

Определение среднемаксимальных сил резания по опытным коэффициентам, упрощенный, ориентировочный методы.

Элементы копания: резание, перемещение призмы волочения, заполнение ковша с проталкиванием грунта через толщу грунта, ранее заполнившего ковш, трение ковша или ножа о грунт. Определение усилий на преодоление сопротивлений, возникающих при действии этих элементов. Полное сопротивление копанию. Удельные сопротивления грунта резанию и копанию различными рабочими органами.

1.7. Моделирование рабочих процессов машин

Применение методов моделирования при анализе взаимодействия рабочих органов со средой. Теоретические основы подобия и моделирования процессов взаимодействия рабочих органов со средой. Физическое моделирование рабочих процессов машин.

Вероятностные расчеты и прогнозирование при определении параметров машин. Возможность и перспективы вероятностного анализа и прогнозирования в развитии типов конструкций машин.

Определение критериев подобия с помощью анализа размерности и систем уравнений. Приближенное физическое моделирование по Баловневу В. И.

2. ОДНОКОВШОВЫЕ ЭКСКАВАТОРЫ

Назначение и применение. Классификация и характеристика универсальных строительных, карьерных, вскрышных, шагающих и специальных одноковшовых экскаваторов. Индексация.

Экскаваторы с жестким, канатным, телескопическим исполнением. Особенности их ходового оборудования.

Конструктивные, кинематические, гидравлические и гидрокинематические схемы одноковшовых экскаваторов. Работа и применение экскаваторов с различными видами рабочего оборудования. Рабочие размеры и основные параметры одноковшовых экскаваторов.

Конструктивно-компоновочные схемы одноковшовых канатно-блочных и гидравлических шарнирно-рычажных и телескопических экскаваторов с различным рабочим оборудованием.

Типы и конструкции механизмов, агрегатов и сборочных единиц одноковшовых экскаваторов.

Схемы, оборудование и сборочные единицы систем управления. Экскаваторы с гидравлическим приводом. Особенности конструкций узлов экскаваторов с гидравлическим приводом: насосов, распределителей, трубопроводов, гидроцилиндров, редукторов, тормозов.

Направления и перспективы усовершенствования одноковшовых экскаваторов.

Основы теории и расчета одноковшовых экскаваторов. Определение основных параметров, габаритов, размеров рабочего оборудования, рабочих скоростей, мощности, производительности. Использование зависимостей, основанных на законах подобия. Расчет деталей на прочность.

Особенности расчета конструктивно-технологических параметров экскаваторов с гидравлическим приводом. Определение усилий, сопротивлений, мощностей на привод хода, поворота платформы, выбор гидроцилиндров, насосов, гидромоторов, распределителей, трубопроводов, редукторов, тормозов.

Статический расчет одноковшовых экскаваторов: общей устойчивости, уравновешивания платформы, нагрузок на опорно-поворотное устройство, давления на грунт,

3. ЗЕМЛЕРОЙНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ

3.1. Общие сведения

Назначение, применение, отличительные особенности. Классификация. Рабочие органы.

Системы агрегатирования землеройно-транспортных и планировочных машин. Индексация.

Направления и перспективы развития землеройно-транспортных машин.

3.2. Бульдозеры

Назначение, применение. Классификация. Рабочее оборудование бульдозеров. Виды и конструкция отвалов. Углы резания, захвата, зарезания, способы их регулирования. Влияние изменения положения отвала на движение материала по отвалу.

Толкающие балки и ремы бульдозеров с неповоротным отвалом и универсальных бульдозеров. Шарниры и элементы жесткости. Конструктивно-компоновочные схемы бульдозеров.

Виды дополнительного оборудования на бульдозерах: толкающие буфера, рыхлителя, откосники и др.

Работа бульдозерами. Работа «плавающим» и «фиксированным» отвалом. Автоматизация работы бульдозеров. Понятие об активизации бульдозерных отвалов и применении газодинамической смазки.

Расчет бульдозера. Выбор основных параметров бульдозера и размеров отвала. Тяговый расчет, баланс мощности и выбор базового тягача. Расчет производительности.

Расчетная схема сил, действующих на бульдозер. Выбор расчетных положений. Расчет деталей на прочность.

3.3. Грейдеры и автогрейдеры

Назначение и применение. Классификация.

Рабочее оборудование грейдеров и автогрейдеров и его отличие от рабочего оборудования бульдозеров. Дополнительное оборудование автогрейдеров – рыхлители (кирковщики) и бульдозерные отвалы.

Конструктивно-компоновочные схемы грейдеров и автогрейдеров. Конструкция сборочных единиц и механизмов.

Кинематические и гидравлические схемы автогрейдеров. Работа грейдеров и автогрейдеров.

Расчет автогрейдера. Выбор и обоснование основных параметров рабочего органа. Колесная формула автогрейдера. Производительность. Тяговый расчет рабочего и транспортного режимов. Баланс мощности. Схема сил, действующих на автогрейдер в расчетных положениях. Определение усилий в основных сборочных единицах и расчет системы управления. Поперечная устойчивость. Расчет деталей на прочность.

3.4. Скреперы

Назначение, классификация и принцип работы. Способы наполнения и разгрузки ковша скрепера грунтом. Агрегатирование скреперов с гусеничными тракторами и одноосными тягачами. Применение толкачей.

Конструктивно-компоновочные схемы скреперов.

Конструкции сборочных единиц и агрегатов.

Расчет скрепера. Выбор основных параметров скрепера и размеров ковша. Распределение массы по осям. Тяговый расчет. Производительность. Баланс мощности. Выбор тягача. Расчет сил, действующих при работе скрепера. Выбор расчетных положений для расчета на прочность. Определение динамических нагрузок. Особенности расчета скреперов разными способами загрузки ковша.

3.5. Динамический расчет землеройно-транспортных машин

Динамические нагрузки в рабочем режиме с применением статических методов.

Дисперсия нагрузки на рабочем органе и на элементах привода. Амплитудно-частотные характеристики привода. Замена системы привода землеройной машины эквивалентной динамической системой с постоянными параметрами (моментами инерции, коэффициентами упругости, затухания колебаний, диссипативных потерь).

Двухмассовая система с приведенными массами, связанными упругим звеном приведенной жесткости (пример анализа).

3.6. Землеройно-фрезерные машины

Назначение и применение. Преимущества разработки грунта обрушением. Удельные показатели разработки грунта землеройно-фрезерными машинами. Конструктивные и кинематические схемы машин. Особенности устройства рабочего органа. Механизмы для организованного обрушения грунта. Транспортные устройства машин.

Выбор основных параметров и режима работы. Расчет производительности. Баланс мощности. Тяговый расчет.

4. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ГИДРОМЕХАНИЗАЦИИ

4.1. Гидромониторы

Назначение и принцип действия. Конструктивные схемы. Основные параметры и их расчет.

4.2. Гидроэлеваторы

Назначение, условия применения, принцип действия, общее устройство, особенности эксплуатации.

4.3. Землесосы

Назначение, классификация. Типы конструкций, характеристики. Стандартный ряд землесосов.

4.4. Землесосные установки и снаряды

Назначение, классификация и принцип работы.

Конструктивно-компоновочные схемы. Устройство заборных и грунторазрабатывающих механизмов.

Механизмы для рабочего перемещения грунтозаборного механизма и земснаряда. Схемы папильонажа. Свайный ход: простой, напорный, свайно-роторный.

Мелиоративные и малогабаритные землечерпательные и землесосные плавучие установки.

Направления и перспективы развития средств гидромеханизации.

5. МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ ДЛЯ РЫХЛЕНИЯ И РАЗРАБОТКИ МЕРЗЛЫХ И ПРОЧНЫХ ГРУНТОВ

Назначение, условия применения. Классификация машин по способу разрушения грунта.

Типы и конструкции машин ударного действия.

Типы и конструкции вибрационных рыхлителей - виброклиньев, многозубчатых виброрыхлителей (подвесных и вальцовых).

Типы и конструкции рыхлителей – навесных и прицепных. Конструкции зубьев, стоек и системы навески.

Основы теории и расчета машин и оборудования для разработки и рыхления мерзлых и прочных грунтов.

6. МАШИНЫ ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ

6.1. Машины для уплотнения грунта укаткой

Классификация катков. Катки с гладкими вальцами. Назначение и применение. Основные параметры.

Пневмоколесные катки. Назначение и применение. Взаимодействие пневмоколесного катка с грунтом. Конструкции пневмоколесных катков и их сборочных единиц.

Решетчатые и сегментные катки. Назначение и применение. Параметры. Конструкции катков.

Кулачковые катки. Назначение и применение. Отличительные особенности уплотнения грунта кулачковыми катками. Параметры их рабочих органов. Типы и конструкции кулачковых катков.

Основы теории расчета машин для уплотнения грунтов.

Тяговый расчет катков с гладкими вальцами, пневмоколесных, кулачковых. Выбор тягача.

Расчет производительности катков.

6.2. Машины для уплотнения грунта трамбованием

Классификация трамбующих машин.

Типы, конструкции и гидравлические схемы трамбующих машин. Конструкции сборочных единиц привода. Рабочие органы трамбовок. Применение трамбующих машин.

Технические характеристики распространенных трамбующих машин.

6.3. Вибрационные машины для уплотнения грунтов

Классификация. Поверхностные (площадочные) вибраторы и виброплиты самоходные, прицепные и подвесные. Способы изменения направления движения виброплит. Кинематические схемы. Конструкции сборочных единиц. Параметры виброплит. Применение и эффективность поверхностного виброуплотнения грунтов.

Расчет трамбующих машин. Импульс силы удара. Определение максимальной силы удара и максимального напряжения при ударе. Удельный импульс и его предельные значения. Выбор параметров трамбующих машин. Расчет производительности трамбовок.

6.4. Машины комбинированного действия

Классификация. Катки с падающими грузами. Принципиальная схема. Конструкция сборочных единиц. Вибрационные катки - самоходные и прицепные, с вибровозбудителями различных типов. Кинематические схемы.

Особенности расчета уплотняющих машин комбинированного действия.

7. МАШИНЫ ДЛЯ СВАЙНЫХ РАБОТ

Тип и характеристики свай и шпунта. Процессы погружения или формирования свай. Общие параметры сваебойных машин. Зависимости между массами сваи и молота. Классификация машин для свайных работ. Выбор свайного оборудования по видам свай, характеру грунтов, предельным параметрам и условиям применения.

Механические молоты. Назначение. Классификация. Паровоздушные молоты простого и двойного действия. Гидромолоты. Конструкция, параметры. Энергия удара. Система распределения. Автоматизация.

Дизель-молоты штангового и трубчатого типа. Параметры. Конструкции. Энергия удара. Условия применения, методы повышения заводимости. Развитие конструкции.

Вибрационные машины для свайных работ. Вибропогружатели. Вибромолоты, их параметры, конструкции. Установки для вибровдавливания свай.

Копры. Экскаваторы с оборудованием для свайных работ. Передвижные сваебойные установки на базе тракторов и автомобильных шасси.

8. ОДНОКОВШОВЫЕ ПОГРУЗЧИКИ

Назначение и применение. Классификация и характеристика основных видов погрузчиков. Индексация.

Конструктивные, кинематические и гидравлические схемы. Рабочие размеры и основные параметры одноковшовых погрузчиков.

Типы и конструкции механизмов, агрегатов и сборочных единиц.

Направления и перспективы усовершенствования одноковшовых погрузчиков.

Основы теории и расчета одноковшовых погрузчиков. Определение основных параметров, размеров рабочего оборудования, мощности, производительности. Определение усилий и сопротивлений выбор гидрооборудования.

9. ОСНОВЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН

Конструктивные решения, параметры и технико-экономические показатели существующих машин. Роль патентного поиска. Патентная чистота разработок.

Общие принципы и методы экспериментальных исследований машин и обработки результатов исследований.

Учет технологичности конструкции при конструировании машины.

Конечная оценка конструируемой машины по ее удельным технико-экономическим показателям, удельной массе, удельной материалоемкости, удельной энергоемкости, удельной дефицитности; по габаритам, абсолютной массе, транспортабельности; по стоимости единицы продукции.

Автоматизированное проектирование строительных машин.

Методика автоматизированного расчета машин. Матричная форма записи уравнений движения, тела, шарнирно-связанного с неподвижным основанием; шарнирно-связанных

двух тел, соединенных нерастяжимой тягой, скользящей парой, демпфером, канатом, гидроцилиндром и т.д.

3. ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

Курсовой проект по дисциплине «Машины для земляных работ» выполняется на базе материалов лекций, лабораторно-практических работ, самостоятельного изучения рекомендуемой литературы.

В процессе работы над проектом студент должен закрепить и практически применить знания по методам расчета землеройных машин, изучить основы проектирования, конструирования и компоновки узлов, главным образом рабочих органов, и машины в целом.

В качестве объектов курсового проектирования предлагаются различные виды рабочего оборудования машин для земляных работ (например, экскаваторов, бульдозеров, автогрейдеров, погрузчиков и др.).

Расчетно-пояснительная записка включает титульный лист, задание на проектирование, реферат, содержание, введение, обзор существующих конструкций, выбор и описание конструкции проектируемой машины, расчетную часть, рекомендации по эксплуатации и техническому обслуживанию, расчет технико-экономических показателей, охрану труда при эксплуатации машины, заключение и список использованной литературы.

Расчетно-пояснительная записка в объеме 35…40 листов со спецификациями оформляется по требованиям ГОСТ для текстовых документов.

Графическая часть состоит из четырех листов. На первом листе дается обзор конструкций рабочего органа (формат А2), на втором – общий вид проектируемого оборудования (формат А1). На третьем листе может (по заданию) вычерчиваться гидравлическая, электрогидравлическая, кинематическая или технологическая схема (формат А2). Если в задании не указано вычерчивание схемы, то на этом листе выполняются сборочные чертежи, изображающие отдельные части, сборочные единицы оборудования (формат А2). На четвертом листе выполняются рабочие чертежи деталей (деталировки), которые выполняются только на нестандартные детали (формат А1).

На выполнение курсового проекта отводится 60 часов.

Примерными темами курсового проекта являются:

1. Проектирование сменного рабочего оборудования одноковшового экскаватора.
2. Модернизация ходового оборудования одноковшового экскаватора.
3. Проектирование рабочего оборудования бульдозера.
4. Проектирование рабочего оборудования скрепера.
5. Проектирование рабочего органа автогрейдера.
6. Проектирование рабочего оборудования погрузчика.
7. Проектирование сменного навесного оборудования для рыхления грунта.

4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «МАШИНЫ ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ» ДЛЯ СТУДЕНТОВ ДНЕВНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

№ п/п	Название раздела, темы	Всего аудиторных	в том числе				Кол-во часов СР	Форма контроля знаний
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Введение	2	2	–	–		2	
1.	**Общие сведения о машинах для земляных работ**	**14**	**14**	–	–		**14**	сдача работ
1.1.	Силовое оборудование	2	2	–	–		2	
1.2.	Приводные устройства и силовые передачи	2	2	–	–		2	
1.3.	Системы управления	2	2	–	–		2	
1.4.	Ходовое оборудование машин	2	2	–	–		2	
1.5.	Вибрационные и вибровозбудительные устройства	2	2	–	–		2	
1.6.	Рабочие органы машин и их взаимодействие с грунтом	2	2	–	–		2	
1.7.	Моделирование рабочих процессов машин	2	2	–	–		2	
2.	**Одноковшовые экскаваторы**	**72**	**16**	**4**	**52**		**48**	сдача модуля
3.	**Землеройно-транспортные машины**	**52**	**20**	**12**	**20**		**36**	сдача модуля
3.1.	Общие сведения	2	2	–	–		–	
3.2.	Бульдозеры	14	6	4	4		8	
3.3.	Грейдеры и автогрейдеры	12	6	2	4		8	
3.4.	Скреперы	10	4	2	4		8	
3.5.	Динамический расчет землеройных и землеройно-транспортных машин	6	–	2	4		6	
3.6.	Землеройно-фрезерные машины	8	2	2	4		6	
4.	**Машины и оборудование**	**8**	**6**	**–**	**2**		**12**	сдача

	для гидромеханизации							работ
4.1.	Гидромониторы	3	2	–	1		4	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
4.2.	Гидроэлеваторы	1	1	–			4	
4.3.	Землесосы	1	1	–			4	
4.4.	Землесосные установки и снаряды	3	2	–	1		4	
5.	**Машины и механизмы для рыхления и разработки мерзлых и прочных грунтов**	**12**	**6**	**–**	**6**		**12**	сдача модуля
6.	**Машины для уплотнения грунтов**	**16**	**10**	**–**	**6**		**14**	сдача модуля
6.1.	Машины для уплотнения грунта укаткой	6	4	–	2		4	
6.2.	Машины для уплотнения грунта трамбованием	3	2	–	1		4	
6.3.	Вибрационные машины для уплотнения грунтов	4	2	–	2		4	
6.4.	Машины комбинированного действия	3	2	–	1		2	
7.	**Машины для свайных работ**	**6**	**4**	**–**	**2**		**8**	сдача работ
8.	**Одноковшовые погрузчики**	**12**	**6**	**–**	**6**		**10**	сдача модуля
9.	**Основы автоматизированного проектирования и расчета землеройных машин**	**10**	**–**	**2**	**8**		**8**	прием инд. заданий
	Итого	**204**	**84**	**18**	**102**		**164**	экзамен

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «МАШИНЫ ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ» ДЛЯ СТУДЕНТОВ ДНЕВНОЙ (СОКРАЩЕННОЙ) ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

№ п/п	Название раздела, темы	Всего аудиторных	в том числе				Кол-во часов СР	Форма контроля знаний
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Введение	2	2	–	–		4	
1.	**Общие сведения о машинах для земляных работ**	**8**	**8**	–	–		**16**	сдача работ
1.1.	Силовое оборудование	1	1	–	–		2	
1.2.	Приводные устройства и силовые передачи	1	1	–	–		2	
1.3.	Системы управления	1	1	–	–		2	
1.4.	Ходовое оборудование машин	1	1	–	–		2	
1.5.	Вибрационные и вибровозбудительные устройства	1	1	–	–		2	
1.6.	Рабочие органы машин и их взаимодействие с грунтом	2	2	–	–		2	
1.7.	Моделирование рабочих процессов машин	1	1	–	–		4	
2.	**Одноковшовые экскаваторы**	**38**	**10**	**4**	**24**		**82**	сдача модуля
3.	**Землеройно-транспортные машины**	**32**	**8**	**12**	**12**		**64**	сдача модуля
3.1.	Общие сведения	2	2	–	–		–	
3.2.	Бульдозеры	10	2	4	4		18	
3.3.	Грейдеры и автогрейдеры	6	2	2	2		16	
3.4.	Скреперы	6	2	2	2		10	
3.5.	Динамический расчет землеройных и землеройно-транспортных машин	4	–	2	2		10	
3.6.	Землеройно-фрезерные машины	4	–	2	2		10	
4.	**Машины и оборудование для гидромеханизации**	**6**	**4**	**–**	**2**		**16**	сдача работ
4.1.	Гидромониторы	2	1	–	1		4	
4.2.	Гидроэлеваторы	1	1	–			4	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4.3.	Землесосы	1	1	–			4	
4.4.	Землесосные установки и снаряды	2	1	–	1		4	
5.	**Машины и механизмы для рыхления и разработки мерзлых и прочных грунтов**	**8**	**6**	**–**	**2**		**10**	сдача модуля
6.	**Машины для уплотнения грунтов**	**10**	**6**	**–**	**4**		**16**	сдача модуля
6.1.	Машины для уплотнения грунта укаткой	3	2	–	1		6	
6.2.	Машины для уплотнения грунта трамбованием	3	2	–	1		4	
6.3.	Вибрационные машины для уплотнения грунтов	2	1	–	1		4	
6.4.	Машины комбинированного действия	2	1	–	1		2	
7.	**Машины для свайных работ**	**4**	**2**	**–**	**2**		**14**	сдача работ
8.	**Одноковшовые погрузчики**	**6**	**4**	**–**	**2**		**14**	сдача модуля
9.	**Основы автоматизированного проектирования и расчета землеройных машин**	**4**	**–**	**2**	**2**		**14**	прием инд. заданий
	Итого	**118**	**50**	**18**	**50**		**250**	экзамен

5. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

5.1. Перечень лабораторных и практических занятий

1. Изучение кинематических и гидравлических схем и основных сборочных единиц одноковшовых экскаваторов с механическим и гидравлическим приводами, регулировок, неисправностей и способов их устранения.

2. Изучение рабочего оборудования одноковшовых экскаваторов с механическим и гидравлическим приводами, способов производства работ.

3. Изучение рабочего оборудования и основных сборочных единиц землеройно-транспортных машин и способов регулировки пространственного положения рабочих органов. Основные неисправности и способы их устранения.

4. Изучение процессов резания и копания грунтов рабочими органами землеройных и землеройно-транспортных машин на моделях и на натуре.

5. Изучение процессов рыхления мерзлых грунтов и рабочих органов стояковых (тяговых), ударных и вибрационных рыхлителей.

6. Изучение характеристики и режимов работ трансмиссий машин для земляных работ.

7. Тензометрирование работы землеройных и землеройно-транспортных машин**.**

8. Изучение процессов уплотнения грунтов катками статического и вибрационного действия, с гладкими вальцами, кулачковыми и пневмоколесными.

9. Изучение процесса уплотнения грунта трамбованием, поверхностным виброуплотнением и вибротрамбованием.

10. Расчет основных параметров одноковшовых экскаваторов с механическим и гидравлическим приводами. Расчет усилий, мощности, подбор оборудования: барабанов, редукторов, канатов, тормозов, насосов, гидромоторов, распределителей, трубопроводов.

11. Расчет основных параметров бульдозеров, скреперов, автогрейдеров, погрузчиков.

12. Определение сопротивлений, рабочих скоростей при работе землеройно-транспортных машин.

5.2. Перечень рекомендуемых средств диагностики

Диагностирование знаний и компетенций студента (контроль знаний) осуществляется следующим образом. При выполнении лабораторных работ студенты защищают каждую работу. После сдачи всех работ выставляется зачет. (Компетенции АК-1–АК-4, АК-7-АК-9, СЛК-6, ПК-1-ПК-5, ПК-7, ПК-12, ПК-13, ПК15-ПК-17, ПК-20-ПК-22, ПК-25, ПК-26, ПК-32).

Формой контроля изучения теоретического курса является экзамен, а для текущего контроля процесса изучения расчетного курса и стимулирования равномерной работы в течение семестра выполняются три письменные контрольные работы (модули). (Компетенции АК-1–АК-4, ПК-1-ПК-5).

Курсовой проект защищается каждым студентом индивидуально. В процессе выполнения проводится не менее двух аттестаций, результаты которых обсуждаются на заседаниях кафедры. (Компетенции ПК-20-ПК-25, ПК-30).

5.3. Критерии оценок результатов учебной деятельности

Учебная деятельность оценивается по десятибалльной шкале с использованием следующих критериев:

0 баллов – нет ответов на поставленные вопросы варианта или даны ответы на непоставленные вопросы;

1 балл – попытка дать ответ, из которой следует, что отвечающий знает, на вопросы какой дисциплины он отвечает;

2 балла – неполные и неточные ответы без пояснений и с существенными ошибками;

3 балла – неполные и неточные ответы без пояснений и с ошибками в пояснениях;

4 балла – несистематизированные, неполные ответы по всем вопросам варианта, пояснения отсутствуют или даны с ошибками;

5 баллов – несистематизированные, неполные или содержащие ошибки ответы на все вопросы, пояснения неполные;

6 баллов – систематизированные, но неполные ответы на все вопросы, изложение ответов неглубокое, имеются незначительные ошибки;

7 баллов – систематизированные, принципиально правильные, но недостаточно полные ответы на все вопросы, пояснения ответов правильные но неглубокие, имеются незначительные ошибки;

8 баллов – систематизированные правильные и полные ответы на все вопросы, могут присутствовать несущественные неточности, даются правильные, но недостаточно полные и точные пояснения;

9 баллов – систематизированные, глубокие, правильные и полные ответы по всем вопросам, логически верное изложение ответов, даются исчерпывающие пояснения;

10 баллов – систематизированные, глубокие и полные ответы по всем вопросам, логически верное изложение ответов, даются исчерпывающие пояснения, приводятся сведения сверхпрограммного материала или делаются оригинальные обобщения.

При сдаче зачета по лабораторной работе или недифференцируемого зачета студент должен показать знания, соответствующие оценке не ниже шести баллов.

5.4. Примерный перечень наглядных и других пособий

1. Экскаватор-погрузчик ЭП - 2620;
2. Главная муфта экскаватора ЭО - 4112Б;
3. Механизм реверса экскаватора ЭО - 4112Б;
4. Стреловая лебедка экскаватора ЭО - 4112Б;
5. Главная лебедка экскаватора ЭО-4112Б;
6. Главный редуктор в сборе экскаватора ЭО - 3211Е;
7. Гидромотор 210.25 экскаватора ЭО - 4121А;
8. Редуктор с тормозом экскаватора ЭО - 4121А;
9. Распределитель секционный экскаватора ЭО-4121А;
10. Распределитель моноблочный экскаватора ЭО-4121А;
11. Сдвоенные насосы экскаватора ЭО-3322А и ЭО-4121А;
12. Строенный насос экскаватора ЭО-3533А;
13. Центральный коллектор экскаватора ЭО-3533А;
14. Комплект наглядных пособий (плакатов) для изучения машин для земляных работ;
15. Стенд «Новые машины для земляных работ.

Кроме того, при чтении лекций по дисциплине используется комплект учебные фильмы – «Строительные экскаваторы», «Бульдозеры», «Автогрейдеры», «Скреперы», «Катки», «Гидромониторы», Земснаряды», «Машины для рыхления мерзлых грунтов».

5.5. Литература

Основная литература

1. А л е к с е е в а, Т. В. Дорожные машины. Ч. I. Машины для земляных работ/ Т.В. Алексеева, К.А. Артемьев [и др.]. Изд. 3-е. М.: Машиностроение, 1972. – 504 с.

2. Б а л о в н е в, В. И. Дорожно-строительные машины с рабочими органами интенсифицирующего действия /В.И. Баловнев. М.: Машиностроение, 1981. – 221 с.

3. Б е л е ц к и й, Б. Ф. Строительные машины и оборудование: справ. пособие / Б.Ф. Белецкий. – Ростов н/Д: Феникс, 2002. –592 с.

4. Б е р к м а н, И. Л. Одноковшовые строительные экскаваторы / И.Л. Беркман, А.В. Раннев, А.К. Рейш. Изд. 3-е. М.: Высш. шк., 1986. – 272 с.

5. Бульдозеры и рыхлители / Б.З. Захарчук [и др.]. М.: Машиностроение, 1987. – 240 с.

6. В а с и л ь е в, А. А. Дорожные машины / А.А. Васильев. Изд. 3-е. М.: Машиностроение, 1987. – 416 с.

7. В а в и л о в, А. В. Проектирование строительных и дорожных машин: учеб.-метод. пособие /А.В. Вавилов, А.А. Котлобай, А.Я. Котлобай. – Минск: БНТУ, 2013. – 392 с.

8. М а к с и м е н к о, А. Н. Эксплуатация строительных и дорожных машин / А.Н. Максименко. – СПб.: БХВ-Петербург, 2015. – 400 с.

9. Ш е с т о п а л о в, К. К. Машины для земляных работ: учеб. пособие / К.К. Шестопалов. – М.: МАДИ, 2011. –145 с.

Дополнительная литература

1. Г о б е р м а н, Л. А. Строительные и дорожные машины: атлас конструкций / Л.А. Гоберман, К.В. Степанян. М.: Машиностроение, 1985. – 96 с.

2. Д о в г я л о, В. А. Дорожно-строительные машины. В 2 ч. Ч 1. Машины для земляных работ: учеб. пособие / В.А. Довгяло, Д.И. Бочкарев. – Гомель: БелГУТ, 2010. –250 с.

3. Д о н с к о й, В. М. Справочник молодого машиниста экскаватора / В.М. Донской, В.П. Корнеев, В.А. Маркин. М.: Высш. шк., 1988. – 320 с.

4. Д р о з д о в, Н. Е. Строительные машины и оборудование /Н.Е. Дроздов, Л.А. Фейгин, В.С. Заленский. Изд. 3-е. М.: Стройиздат, 1988. – 191 с.

5. З а л к о, А. И. Самоходные скреперы / А.И. Залко, Э.Г. Ронинсон, Н.А. Сидоров. М.: Машиностроение, 1991. – 256 с.

6. К а р т а ш е в и ч, А. Н. Землярыйна-транспартныя машины /А.Н. Карташевич, Е.И. Мажугин. Минск: Ураджай, 2000. – 72 с.

7. К о л е с н и ч е н к о, В. В. Справочник молодого машиниста бульдозера, скрепера, грейдера /В.В. Колесниченко. М.: Высш. шк., 1988. – 224 с.

8. К и к у н, В. Я. Расчет основных параметров гидравлических одноковшовых экскаваторов с рабочим оборудованием обратная лопата: учеб. пособие / В.Я. Крикун, В.Г. Манасян. – М.: АСВ, 2001. – 104 с.

9. Машины для земляных работ / Н.Г. Гаркави, В.И. Аринченков [и др.]. М.: Высш. шк., 1982. – 335 с.

10. П л е ш к о в, Д. И. Бульдозеры, скреперы, грейдеры / Д.И. Плешков, М.И. Хейфец, А.А. Яркин. Изд. 3-е. М.: Высш. шк., 1980. – 271 с.

11. Строительные машины для механизации гидромелиоративных работ /В.В. Суриков [и др.]. М.: Агропромиздат, 1985. – 426 с.

10. Строительные машины и оборудование. Курсовое и дипломное проектирование /Н.Е. Дроздов [и др.]. Изд. 3-е. М.: Стройиздат, 1988. – 191 с.

13. Ш о с т а к, Я. Е. Экскаваторы / Я.Е. Шостак, А.М. Горнак. Изд. 3-е. Минск: Вышэйш. шк., 1989. – 398 с.

14. Щемелев, А. М. Бульдозеры: конструкция, расчет, производство работ: учеб. пособие / А.М. Щемелев. – Могилев: БРУ, 2000. –129 с.

Учебное издание

Рубец Сергей Григорьевич

УЧЕБНО–МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

МАШИНЫ ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

для специальности 1-74 06 04 Техническое обеспечение
мелиоративных и водохозяйственных работ

В авторской редакции

Ответственный за выпуск *Рубец С. Г.*

Формат 84 × 120 $^{1}/_{8}$. Бумага офсетная.
Печать цифровая. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. . Уч. - изд. л. .
Тираж 2 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.