

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ–  
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА

**Н.Б. Мартынова**

**РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН  
ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА**

*Учебно-методическое пособие*

Москва

Издательство «Перо»

2020

УДК 621.878/.879(075.8)  
ББК 38.623.031Я73  
М29

*Рецензент:*

*Максименко В.П., доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела мелиорации земель ФБГНУ ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова*

М29 **Мартынова, Н.Б.** Расчет технологических машин природообустройства: учебное пособие / Н.Б. Мартынова; Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева. – Москва: МЭСХ, 2019. – 92 с.

ISBN 978-5-00171-386-9

Учебно-методическое пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов в процессе изучения дисциплины «Конструкция, расчет и потребительские свойства технологических машин». Содержит методику и рекомендации по выполнению расчётов при проектировании технологических машин природообустройства.

Учебно-методическое пособие может быть использовано при курсовом проектировании, а также молодыми специалистами в своей практической работе.

M29 Martynova, N.B. Calculation of technological machines for environmental engineering: textbook / N.B. Martynova; Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev. - Moscow: MESH, 2019. - 92 p.

ISBN 978-5-00171-386-9

The teaching aid is intended for the organization of independent work of students in the process of studying the discipline "Design, calculation and consumer properties of technological machines." Contains a methodology and recommendations for performing calculations when designing technological machines for environmental engineering.

The teaching aid can be used in course design, as well as by young specialists in their practical work.

УДК 621.878/.879(075.8)

ББК 38.623.031Я73

© Мартынова Н.Б., составитель, 2020

© ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА

им. К.А. Тимирязева, 2020

## Содержание

Введение	6
1. Цели и задачи	6
2. Назначение природообустройства	7
3. Требования, предъявляемые к машинам природообустройства	8
4. Базовые машины	11
5. Ходовое оборудование	17
6. Грунт как разрабатываемая среда	19
7. Взаимодействие рабочих органов машин с грунтом	21
8. Классификация машин для земляных работ	22
9. Расчет одноковшового экскаватора	23
9.1 Выбор основных параметров	23
9.2 Усилия и скорости в основных механизмах экскаватора	26
9.2 Подъемный и тяговый механизмы драглайна и прямой лопаты	28
9.4 Расчет механизма поворота	29
9.5 Определение максимального ускорения поворотной платформы	30
9.6 Тяговый расчет	31
9.7 Основные составляющие сопротивления движению	31
9.8 Тяговые усилия машины	32
9.9 Уравнения тягового и мощностного балансов	33
9.10 Статический расчет	34
9.11 производительность	36
9.12 Вопросы для самоподготовки	37
10. Расчет экскаваторов непрерывного действия	38
10.1 Расчет производительности	39
10.2 Определение основных конструктивных параметров экскаватора	40
непрерывного действия	
10.3 Определение рабочих скоростей, общих размеров и массы машины	40
10.4 Тяговый расчет	41
10.5 Баланс мощности экскаваторов непрерывного действия	42
10.6 Статический расчет экскаваторов непрерывного действия	42
10.7 Вопросы для самоподготовки	44
11. Расчет автогрейдера	45

11.1	Определение основных параметров и размеров	45
11.2	Производительность автогрейдера	45
11.3	Особенности рабочего процесса и взаимодействия рабочего органа с грунтом	46
11.4	Тяговые сопротивления и тяговый расчет	47
11.5	Мощность двигателя	49
11.6	Вопросы для самоподготовки	50
12.	Расчет бульдозера	50
12.1	Тяговый расчет	51
12.2	Производительность	53
12.3	Определение усилий, действующих на бульдозер. Расчетные положения	53
12.4	Статический расчет	54
12.5	Вопросы для самоподготовки	56
13.	Расчет скрепера	56
13.1	Определение основных параметров скрепера	57
13.2	Производительность скреперов	58
13.3	Тяговый расчет скрепера с загрузкой тягачом	59
13.4	Тяговый расчет самоходных одномоторных скреперов	61
13.5	Баланс мощности	63
13.6	Расчет устойчивости	63
13.7	Вопросы для самоподготовки	64
14.	Расчет рыхлителя	65
14.1	Тяговый расчет	66
14.2	Производительность рыхлителя	67
14.3	Устойчивость рыхлителя	67
14.4	Вопросы для самоподготовки	68
15.	Вопросы к тесту по теме: Конструкции технических средств природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях	68
16.	Библиографический список	92

## **Введение.**

Современные условия хозяйствования ставят задачей обучение и воспитание специалистов нового поколения, инженерно-техническая деятельность которых направлена на рациональное, экологически безвредное использование земельных и водных ресурсов, придания их компонентам новых свойств, повышающих ценность природной среды, осуществление ее охраны. Для этой цели вопросы создания машин для проведения работ по природообустройству должны рассматриваться с точки зрения одновременной разработки земель с целью природопользования и ее охраны, восстановления природных ресурсов, минимизации техногенного воздействия. Поэтому конструктивные и технологические требования к созданию машин природообустройства значительно усложняются, что, в свою очередь, отражается на проведении проектных расчетов машин природообустройства.

### **1. Цель и задачи**

Целью учебно – методического пособия по изучению машин и оборудования природообустройства является расчет конструктивных и технологических параметров машин и оборудования природообустройства, а также технологий при выполнении ими земляных работ максимально экологичным способом.

Задачами учебно – методического пособия являются:

- изучение конструкций машин и оборудования для производства строительных и мелиоративных работ;
- овладение комплексами расчётов для определения конструктивных и технологических параметров машин природообустройства;
- подготовка специалистов, творчески реализовывающих свои знания в практической деятельности.

## 2. Назначение природообустройства.

*Природообустройство* призвано повышать эффективность природопользования, восстанавливать нарушенные природные объекты, защищать человека и природу от стихийных бедствий. Оно включает:

– *мелиорации земель* разного назначения: сельскохозяйственных, водного и лесного фондов, поселений, промышленности, транспорта, связи, а также историко-культурного, научного, рекреационного, оздоровительного и оборонного назначения;

– *рекультивацию земель* – восстановление свойств компонентов природы и самих компонентов, нарушенных человеком или загрязненных в процессе природопользования.

Все вышеперечисленное объединяет полный комплекс горнотехнических, инженерно-строительных, мелиоративных, сельскохозяйственных, лесокультурных, озеленительных работ, направленных на восстановление продуктивности и ценности нарушенных и отработанных земель, улучшения экологического состояния окружающей природной среды;

– *природоохранное обустройство территорий*: борьба с водной и ветровой эрозией, восстановление естественной гидрографической сети, водоохраных зон. Включает оно и защиту от природных стихий – наводнений, затоплений, потоплений, размыва берегов, оползней и селей.

Природообустройство – это особый вид деятельности, отличающийся от природопользования. Глубоко вмешиваясь в природные процессы, оно вызывает изменение в развитии и функционировании природных систем, сопровождающихся расходом большого количества материальных, энергетических, трудовых и денежных ресурсов.

Отличие природообустройства от природопользования заключается также в объекте и средстве труда. При природообустройстве важно четко

обозначить объект трудовой деятельности, что имеет не только методологическое, но и практическое значение.

Так, человек, проведя на реке дноуглубительные работы, с целью сделать ее судоходной, не только изменил уровень воды на отдельном участке реки, но и повлиял на прилегающие земли, подтопив их, изменил температурный режим воды в реке и пр. Значит необходимо рассматривать целостные геосистемы, из которых состоят обустраиваемые земли.

Объектом природообустройства, таким образом, должна быть такая геосистема, в пределах которой непосредственно проявляются осуществляемые преобразования для конкретного природопользования.

При проведении преобразований необходимо учитывать межсистемные связи, отслеживая ближние и дальние последствия природообустройства на соседние геосистемы.

Природообустройство – важный элемент национальной безопасности страны, характеризующий состояние защищенности здоровья, жизни, прав человека, интересов и ценностей общества и государства от различных ущербов.

### **3. Требования, предъявляемые к машинам природообустройства.**

Машины, используемые для выполнения работ по природообустройству и защите в чрезвычайных ситуациях, должны обеспечивать необходимую производительность, перемещаться по дорогам с покрытием и без него в любое время года с различными погодными условиями и быть экологически безопасными.

Требования, предъявляемые к этим машинам, можно подразделить на конструктивные, технологические, эксплуатационные, экономические, патентно-правовые и социальные.

**Конструктивные требования** сводятся к тому, что машина при заданных условиях работы должна выполнять определенные функции и

соответствовать современным стандартам. Она должна также быть на уровне лучших отечественных и зарубежных образцов, отличаться прочностью и надежностью в работе, быть высокопроизводительной.

**Технологические требования** предусматривают простоту, удобство, низкую стоимость изготавливаемых деталей и их сборки (с использованием прогрессивных технологий), а также машины в целом. Ремонтная технологичность (ремонтпригодность) машины предусматривает удобство замены узлов и агрегатов, унификацию и иные вопросы организации ремонта. Унификация оборудования способствует широкому кооперированию и облегчает поставку запасных частей.

**Эксплуатационные требования** предусматривают исключение затруднений при техническом обслуживании (смазывание, регулировка, заправка и т.д.) и монтажно-демонтажных работах при замене деталей, сборочных единиц и агрегатов. При эксплуатации машин и иной техники необходимо предусматривать вопросы, связанные с защитой в чрезвычайных ситуациях.

**Экономические требования** включают снижение стоимости самой машины, ее эксплуатации и стоимости единицы вырабатываемой продукции, ее экономической себестоимости.

**Патентно-правовые требования** предусматривают чистоту (оригинальные решения в конструировании машины) и защиту (заявки на изобретения и патенты) машин, являются важнейшими критериями для определения их конкурентоспособности на внутреннем и зарубежных рынках.

**Социальные требования** включают безопасность труда при эксплуатации машины (водителя, оператора), удобство ее управления и обслуживания, а также автоматизацию процессов управления и контроля.

Решение этих задач тесно связано с выполнением эргономических требований к конструкциям машин. *Эргономика* (от греч. *ergon*– работа, *nomos*– закон) – это наука, занимающаяся проблемами взаимодействия



человека с машиной и окружающей средой в трудовом процессе. Ее основная цель – создания для человека условий, обеспечивающих безопасность для его здоровья при высокой производительности труда.

Современная машина должна удовлетворять требованиям санитарных норм по уровню вибрации, шума, загазованности рабочего места водителя. Необходимо наличие легкого механизированного или автоматического управления, удобного, мягкого и регулируемого сидения и устройства безопасности при ударах и опрокидывании машины.

Машина должна обеспечивать хороший обзор фронта работ с места водителя, а также достаточную освещенность рабочих органов и объекта работы в ночное время. Машинист должен видеть дорогу перед машиной на расстоянии 3 м при угле обзора вперед не менее 220°.

Кабина должна быть оснащена приточно-вытяжной вентиляцией с фильтрами для очистки воздуха от пыли, защитой всех окон от пыли, грязи, дождя, снега и пр., противосолнечными козырьками, зеркалами бокового и заднего вида. Необходимо наличие обогрева в холодное время суток и года, огнетушителя, вещевого ящика, термоса для воды, индивидуальной аптечки и вешалки для одежды водителя. Для работы в условиях жаркого и тропического климата кабину оборудуют кондиционером.

К работам в городских условиях к машинам предъявляются повышенные требования:

- *маневренность* – способность машин работать в стесненных условиях, что зависит от ее габаритов и радиусов ее поворотов;

- *мобильность* – свойство, которое зависит от способности машины быстро перемещаться от объекта к объекту и времени, затрачиваемого перевод машины из транспортного в рабочее положение и обратно;

- *устойчивость* – способность машины противостоять действию опрокидывающих ее сил: она – чем ниже центр тяжести, тем она устойчивее. Это особенно важно при движении на подъемах, спусках и косогорах;

– *надежность* – свойство, обусловленное безотказностью и долговечностью машины;

– *безотказность* – свойство машины, позволяющее ей непрерывно сохранять рабочее состояние без вынужденных перерывов в работе;

– *долговечность* – сохранение работоспособного состояния до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта;

– *работоспособность* – способность выполнять работу в течение заданного срока службы;

– *ремонтпригодность* – приспособленность машины к предупреждению, обнаружению и устранению неисправностей посредством технического обслуживания и ремонта. Унификация узлов и деталей машины снижает ее себестоимость и улучшает качество ремонта;

- *унификация* – рациональное сокращение числа объектов одинакового функционального назначения;

*агрегатирование* – метод компоновки машин из унифицированных изделий;

– *сохраняемость* – исправность и работоспособность машины в течение и после срока хранения и транспортирования.

#### **4. Базовые машины.**

Большая часть машин, используемых для природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях, представляет собой специализированное оборудование, смонтированное на базе грузовых автомобилей, тракторов, самоходных шасси, тягачей.

**Грузовые автомобили** по назначению подразделяются на автомобили общего назначения, автомобили-самосвалы и специализированные.

По грузоподъемности они бывают: малой – 0,75-2,00 т, средней – 2,5-5,0, большой – 5-10, особо большой – свыше 10 т грузоподъемности.

На автомобилях устанавливают бензиновые, дизельные и газотурбинные двигатели, последние – на автомобилях с наиболее высокой грузоподъемностью.

Основным параметром автомобиля, определяющим конструкцию его основных узлов, является нагрузка на ведущий мост. Для дорог с обычным и усовершенствованным покрытием нагрузка на ось составляет 60 и 100 кН соответственно.

Для обозначения грузовых автомобилей используют колесную формулу, включающую две цифры первая – количество колес, вторая – ведущих колес (двойные скаты считают за одно колесо). Формула у обычного грузового автомобиля 4 х 2, трехосного с двумя ведущими осями – 6 х 4, трехосного с тремя ведущими – 6 х 6.

**Автомобили общего назначения** – это грузовые автомобили с кузовом в виде открытой платформы с бортами, автомобили с повышенной проходимостью со всеми ведущими колесами и автомобили-тягачи, оборудованные прицепами, полуприцепами.

Эксплуатируемые всесезонно и при любой погоде грузовые машины отличаются повышенной проходимостью. Они имеют два (передний и задний) или три (передний и два задних) ведущих моста.

Увеличение числа ведущих осей повышает проходимость машины, но усложняет конструкцию, повышает массу и стоимость автомобиля.

Механизмы управления автомобиля включают рулевое управление и тормозную систему. На тяжелых машинах в управлении используют гидроусилители, снижающие усилие на рулевом колесе. Тормозная – служит для принудительного снижения скорости движения автомобиля и удержания его на месте на уклоне.

Отечественные бортовые автомобили имеют грузоподъемность 0,8-14,5 т при мощности двигателя 55...220 кВт.

Седельные автотягачи могут работать с полуприцепами грузоподъемностью 4...25т. Повышение грузоподъемности за счет

полуприцепов увеличивает длину и значительно снижает маневренность автомобиля. Однако использовать полуприцепы выгодно при хороших погодных условиях и длинных перегонах.

В городском хозяйстве широко распространены автомобили-самосвалы, изготавливаемые на базе автомобилей общего назначения. Они используются для перевозки камня, бетона, грунта, строительного мусора и иных материалов, не повреждающихся при разгрузке сбрасыванием. Разгружается кузов чаще всего наклоном назад до  $60^{\circ}$ .

**Специализированные автомобили**, изготовленные на базе грузовых машин общего назначения, отличаются от них только устройством кузова, приспособлениями для размещения транспортируемых материалов и оборудованием для выполнения определенных производственных операций. К специализированным относят автомобили для перевозки технологического оборудования и различных машин (тяжеловозы), тарных и мелкоштучных грузов (контейнеровозы), жидких и полужидких веществ.

Основными достоинствами автомобильного транспорта являются высокие скорости, маневренность, универсальность использования.

**Тракторы** используют как базовые средства прицепных, полуприцепных и навесных машин. Их подразделяют на гусеничные и колесные (пневмоколесные), общего и промышленного назначения.

**Гусеничные тракторы** общего назначения преимущественно рассчитаны на крюковую тягу при работе машин природообустройства. Они обладают большой проходимостью и приспособлены для длительной работы в режиме малых скоростей с навесным оборудованием и максимальным тяговым усилием. Их рама и ходовая часть рассчитаны на тяжелое навесное оборудование (табл. 4.1).

Таблица 4.1

## Техническая характеристика гусеничных отечественных тракторов

Марка трактора	ДТ-75 ВгТЗ	Агромаш 90ТГ ВгТЗ	Агро- маш 150ТГ ВгТЗ	Т10М ЧТЗ	Т-9. 01Я ЧЕТРА	Т-15. 02Я ЧЕТРА	Т-20. 02Я ЧЕТРА	Т-35. 01Я ЧЕТРА
Тяговый класс	3	3	3	10	11	15	20	35
Длина, мм	4700	4700	5000	4210	4260	4520	4811	5670
Ширина, мм	1850	1850	1850	2480	2340	2640	2696	3281
Высота, мм	2700	2990	2600	3250	3402	3812	3885	4361
Масса, кг	6750	7250	8500	16100	18885	28300	36518	62330
Продольная база, мм	1612	1612	1612	2880	2470	2865	3070	3525
Колея, мм	1330	1330	1330	1880	1780	2000	2100	2500
Диапазон скоростей, км/ч	5,3-11,2	5,3-11,17	7,2-17,3	2,58-10,4	3,8-11,1	3,9-11,1	3,8-10,9	4,4-13,0
Марка двигателя	Д-245. 5S2	А-41СИ-02	Д-442-16 (АМЗ)	ЯМЗ 236 НЕ2-51	ЯМЗ 236 НБ2	ЯМЗ 238 НД7-1	ЯМЗ 238 ДЕ2-28	ЯМЗ-850.10
Частота вращения, с <sup>-1</sup>	1800	1750	2000	1500	1900	1700	2100	1900
Мощность, кВт	70	75	95,5	132	121	184	243	412
Удельный расход топлива, г/кВт·ч	226,6	245	220	223	238	230	230	238
Частота вращения вала отбора мощности, с <sup>-1</sup>	540 или 1000	540	540	540	540	540	540	540
Ширина гусениц, мм	390	390	400	500	560	560	560	650
Среднее давление на почву, кПа	50	50	45	76	69	87	96	137
Дорожный просвет, мм	370	370	370	370	460	490	530	658

Гусеничные тракторы меньше пробуксовывают, особенно на влажных почвах, у них значительно больше площадь контакта с грунтом. Они обеспечивают возможность более раннего и более позднего проведения

соответственно весенних и осенних полевых работ, которые невозможно выполнить колесными тракторами. Элементы ходовых систем гусеничных тракторов, оснащенных более эластичными резиноармированными гусеницами, лучше гасят колебания от неровностей почвы, что повышает плавность хода машин.

**Пневмоколесные тракторы**, в сравнении с гусеничными, имеют большую (до 40 км/ч) скорость передвижения, высокую мобильность и маневренность, в 2 раза меньшую металлоемкость и больший срок службы.

Однако они уступают по силе тяги и проходимости из-за относительно высокого удельного давления на грунт (0,2-0,4 МПа).

Преимущества колесных тракторов в их универсальности. Они мобильны, в зависимости от модели могут эксплуатироваться в стесненных обстоятельствах и поэтому являются незаменимыми в городских условиях и на частных фермах. Основными достоинствами колесных тракторов являются:

- возможность использования в ограниченных пространствах;
- мобильность;
- легкость в эксплуатации;
- удобный доступ ко всем важным деталям для профилактики, ремонта или замены;
- многофункциональность;
- большой выбор различных моделей и модификаций;
- возможность замены или добавления дополнительного оборудования.

Основные узлы гусеничных и пневмоколесных тракторов – рама, двигатель, трансмиссия, ходовая часть, система управления. Тракторы комплектуют гидравлической системой для привода навесного или прицепного рабочего оборудования, преимущественно используют дизельные двигатели (табл. 4.2).

### Техническая характеристика колесных отечественных и белорусских тракторов

Марка трактора	Агро-маш Т30-70 ВТЗ	Агро-маш 85ТК ВТЗ	ВЕ-ЛА-RUS-80.1 МТW	ВЕ-ЛА-RUS-1523 МТW	КИРО-ВЕЦ К424 «Премиум» ПТЗ	КИРО-ВЕЦ К-742 «Стандарт» ПТЗ	320 Ростсельмаш	ТК-25.02Я ЧЕТРА
Тяговый класс	0,6	1,4	1,4	3	4	8	15	25
Длина, мм	3180	3900	3840	4710	6960	7350	6401	9070
Ширина, мм	1560	1800	1970	2250	2540	2875	2540	5100
Высота, мм	2480	2600	2780	3000	3505	3876	3353	4879
Масса, кг	2020	3800	3770	6000	10300	16630	10861	46518
Продольная база, мм	1775	2450	2370	2850	3190	3750	3165	4150
Колея передних колес, мм	1500	1500-1700	1350-1850	1610	1930	2100	1524-2235	2800
Колея задних колес, мм	1500	1400-1800	1400-2100	1800	1930	2100	1524-3353	2800
Диапазон скоростей, км/ч	1,52-23,86	1,52-15,5	1,9-34,3	1,73-36,3	1,52-40,0	1,52-40,0	3,9-11,1	7,8-27,3
Марка двигателя	Д-120	Д-145 ТВ	Д-243	Д-260.1	ЯМЗ-53625	8481.10-04 (ТМЗ)	Cummins QSC 8.3	ЯМЗ-850.10-01
Мощность, кВт	22,1	62,5	59,6	109	176	309	272	412
Удельный расход топлива, г/кВт·ч	180	241	235	227	197	213	227	238
Частота вращения вала отбора мощности, с <sup>-1</sup>	540	540 или 1000	540 или 1000	540 или 1000	540 или 1000	540 или 1000	540 или 1000	540 или 1000
Дорожный просвет, мм	345	380	645	380	530	500	490	500

**Пневмоколесные тягачи и самоходные шасси** используют при работе с различными видами специального навесного, прицепного строительного, коммунального и лесохозяйственного оборудования. Они обладают высокой тяговой характеристикой (до 300 кН), большим

диапазоном рабочих и транспортных (до 50 км/ч) скоростей, большой маневренностью. Мощность двигателей – 900 кВт. Тягачи бывают одно- и двухосные.

**Самоходные шасси** отличаются от пневмоколесных тягачей тем, что мощность их двигателя почти полностью расходуется на привод рабочих органов машины и управление ими и лишь незначительная часть – на тяговое (толкающее) усилие. На самоходное шасси монтируют оборудование погрузчиков, одноковшовых экскаваторов, кранов и др.

## **5. Ходовое оборудование.**

Ходовое оборудование машин состоит из механизма передвижения и опорных рам, основными задачами которых являются передвижение машин на рабочих и транспортных скоростях, передача на опорную поверхность нагрузки от силы тяжести машины и внешних воздействий, обеспечение ее устойчивости.

По типу ходовое оборудование различается: гусеничное, пневмоколесное, жесткое колесное (рельсовое и безрельсовое), на воздушной подушке.

Используемые для природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях, самоходные машины, обычно имеют гусеничное и пневмоколесное ходовое оборудование. Их проходимость зависит от типа и состояния, клиренса, удельного давления на поверхность качения, у машин на колесном ходу – также от числа, расположения и диаметра колес.

**Гусеничный ход** широко распространен на часто передвигающихся по бездорожью тракторах, что связано с их высокой проходимостью и малым удельным давлением на почву – 0,04...0,10 МПа.

Гусеничный ход состоит из замкнутой гусеничной ленты, натянутой между приводным и натяжным колесами гусеничной опорной рамы, оборудованной опорными и поддерживающими катками. Гусеничные рамы



крепятся к ходовой, с которой при помощи опорно-поворотного устройства соединена поворотная платформа машины.

Привод гусениц индивидуальный от гидромоторов через бортовые зубчатые передачи. Жидкость от установленных на платформе гидронасосов поступает к нормально замкнутым тормозам и гидромоторам через вращающиеся соединения и трубопроводы.

Гусеничная лента состоит из отдельных литых или штампованных звеньев (траков), соединенных шарнирно пальцами. Для ее натяжения ось ведомого колеса крепится в ползунах, перемещающихся по направлению гусеничной рамы.

В зависимости от способа крепления опорных катков гусеницы бывают жесткими (оси катков прикреплены к гусеничной раме жестко) и мягкими (оси катков подрессорены). Мягкие гусеницы сложнее в изготовлении и эксплуатации, но они лучше приспособлены к неровностям поверхности.

**Пневмоколесный ход** обеспечивает машинам хорошее маневрирование, достаточную устойчивость, высокие скорости передвижения (до 60 км/час), легче гусеничного на 25...35%, имеет высокий КПД (0,8...0,85) и большой ресурс работы (до 40тыс. км вместо 1.5...2 тыс. км по сравнению с гусеничным ходом). Однако проходимость машин на пневмоколесном ходу значительно хуже гусеничных (табл. 5.1).

Колесный ход имеет и другие недостатки. К ним можно отнести недостаточную устойчивость на крутых склонах и в зыбучих песках, в связи с этим такие машины используют на равнинной местности на достаточно прочных грунтах.

**Значения коэффициентов сопротивления передвижению и сцепления**

Грунт	Коэффициенты сопротивления передвижению $f_m$			Коэффициент сцепления $k_{сц}$	
	гусеничные машины	колесные машины	лыжи	гусеничные машины	колесные машины
Торфяное болото	0,1-0,3	0,2-0,3	0,7-0,9	0,15-0,9	0,1-0,6
Песок	0,1-0,15	0,16-0,2	0,4-0,6	0,4-0,5	0,3-0,4
Супесь	0,07-0,12	0,04-0,18	0,4-0,6	0,6-1,0	0,4-0,7
Суглинок	0,08-0,15	0,12-0,2	0,4-0,7	0,7-0,8	0,5-0,7
Суглинок тяжелый и глины	0,07-0,15	0,03-0,2	0,4-0,7	0,9-1,0	0,7-0,8
Стерня	0,08-0,09	0,07-0,1	-	0,7-0,9	0,6-0,7
Луг влажный, скошенный, залеж	0,07-0,08	0,09-0,1	-	0,8-0,9	0,6-0,7
Свежевспаханное поле	0,1-0,12	0,17-0,18	-	0,6-0,8	0,4-0,5

**6. Грунт как разрабатываемая среда.**

Все рыхлые горные породы, образовавшиеся из изверженных осадочных или метаморфических горных пород и применяемые в строительном или дорожном деле, называются грунтами. При разработке грунта землеройно-транспортные машины по-разному взаимодействуют с ним: отделяют его от массива, уплотняют катками или колесами. Гусеницы и протекторы на колесах тракторов взаимодействуют с грунтом, повышая тяговое усилие машины по сцепному весу.

Грунт состоит из трех основных фаз: твердой (минеральных частиц, образующих грунтовый скелет), жидкой (воды, частично или полностью заполняющей поры грунта) и газообразной (воздуха). При промерзании грунта к этим трем основным фазам, образующим грунт, добавляется лед. Грунт представляет собой гигроскопический материал, поглощающий воду из паров воздуха. Основными составляющими элементами грунта являются песок и глина.

Пески малосвязаны, водопроницаемы, малосжимаемы, непластичны при высыхании, не уменьшаются в объеме и легко размываются. Глины

отличаются от песков противоположными перечисленными свойствами. К грунтам смешанного происхождения следует отнести супеси и суглинки.

Частицы грунта, размер которых занимает среднее положение между песчаными и глинистыми, носят название пылеватых. Пылеватые грунты при увлажнении переходят в состояние пльвунов и резко снижают прочностные свойства. Частицы, составляющие грунты, принято классифицировать по их крупности. Ориентировочное представление о типе грунта можно получить по числу содержащихся в нем глинистых фракций.

Грунты, делятся на песчаные, супеси, суглинки, глины. Грунты, отличаются также объемом пор, влажностью и температурой (табл. 6.1).

Таблица 6.1

### Основные свойства грунтов

Показатели	Обозначение	Грунт						
		болотно-торфяной	песок	супесь	суглинок	тяжелый суглинок	глина	тяжелая глина
Коэффициент разрыхления	$k_p$	1,2-1,3	1,08-1,17	1,1-1,2	1,14-1,28	1,24-1,32	1,24-1,3	1,26-1,32
Показатель плотногомера ДорНИИ	$C_{уд}$	1-5	1-4	3-12	5-10	9-18	14-19	18-24
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	$\rho$	600-1200	1500-1700	1500-1900	1600-1750	1750-1900	1800-1900	1900-2000
Коэффициент трения грунта по грунту	$f_r$	0,9-1,0	0,4-0,7	0,4-0,7	0,7-0,8	0,7-0,8	0,8-1,0	0,8-1,0
Коэффициент трения грунта по металлу	$f$	0,1-0,5	0,4-0,5	0,4-0,5	0,5-0,6	0,5-0,6	0,6-0,7	0,6-0,7

### 7. Взаимодействие рабочих органов машин с грунтом.

Рабочие органы, с помощью которых грунт отделяют от массива (ковши, отвалы, зубья) называют землеройными. Землеройные рабочие органы бывают ковшовыми, отвальными, ножевыми.

Рабочий процесс землеройных машин с ковшовыми и отвальными рабочими органами состоит из последовательно выполняемых операций отделения грунта от массива, его перемещения и отсыпки. Раб органы отделяют грунт от массива резанием и копанием. Резание - процесс отделения грунта от массива режущей частью раб органа. Копание — совокупность процессов, включающих резание грунта, перемещение срезанного грунта по рабочему органу и впереди его в виде призмы волочения, а у некоторых машин и перемещение грунта внутри рабочего органа. Сопротивление грунта копанию в 1,5...2,8 раза больше, чем сопротивление грунта резанию. Рабочий орган землеройных машин, как правило, имеет форму заостренного клина (рис. 7.1).

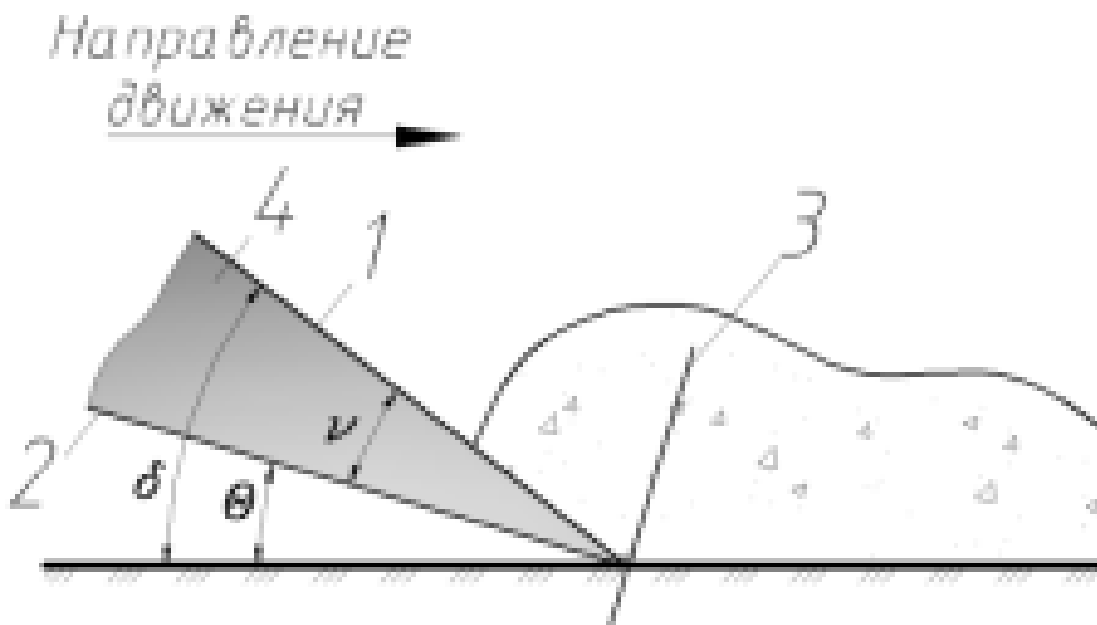


Рис. 7.1 **Параметры режущего клина:** 1 – передняя грань, 2 – задняя грань, 3 – режущая кромка, 4 – заостренный клин.

Режущая часть заостренного клина, ограниченного передней 1 и задней 2 гранями, линию пересечения которых 3 называется режущей кромкой. Угол  $\delta$ , образуемый с направлением движения клина его передней гранью, называется углом резания, а  $\nu$  – углом заострения. Угол  $\Theta$ , образующий с тем же направлением задней гранью - задним углом. Усилие, с которым клин воздействует на грунт называют усилием капания, а равные

ему по модулю, но противоположно направленные усилия - сопротивления грунта копанию (табл. 7.1).

Таблица 7.1

### Значения коэффициента удельного сопротивления копанию грунта

Группа грунтов	Число ударов плотномер ДорНИИ, $C_{уд}$	$k_1$ , кПа	
		без обрушения	с обрушением
1	4	60-65	40-48
2	8	118-130	75-85
3	15	195-200	135-140
4	24	300-310	205-210

## 8. Классификация машин для земляных работ.

При производстве земляных работ используются различные по своему устройству, принципу действия машины, которые классифицируются в зависимости от следующих пунктов:

- назначения - для определенных видов подготовительных, вспомогательных, основных или специальных работ;
- вида привода - внутреннего сгорания, электрического, гидравлического или комбинированного;
- количества двигателей в механизме;
- мощности разной величины;
- типа ходовой части: гусеничной, шагающей, рельсовой, пневмоколесной;
- климатического исполнения для северного, тропического или умеренного климата;
- воздействия на грунт – периодического или непрерывного.

Оборудованием, выполняющими вспомогательные и подготовительные операции, являются приспособления для гусеничных или колесных тракторов: разрыхлители, корчеватели пней, кусторезы.

Для уплотнения грунтов статическим воздействием применяются различные катки. Прицепные катки имеют два дышла для обеспечения

движения по насыпи челночным способом. Ударное действие может осуществляться электрическими или пневматическими трамбовками.

Для основных землеройных работ используются одноковшовые экскаваторы, имеющие сменное рабочее оборудование, погрузчики грунта. Землеройно-транспортные машины предназначены не только для забора грунта, но и его перемещения. К ним относятся: скреперы, бульдозеры, грейдеры.

Специальные земляные работы осуществляются с помощью буровых машин, сваебивных машин, дизель - молотов, кабелеукладчиков, оснащения для прокладки труб. Средствами гидромеханизации являются гидромониторы, земснаряды, которые подразделяются на землесосные, черпаковые, скалодробильные.

## **9. Расчет одноковшового экскаватора.**

Расчет одноковшовых экскаваторов заключается в определении основных геометрических параметров машины, усилий и скоростей в рабочем оборудовании, производительности. Тяговый и мощностной расчеты. Определение устойчивости (статический расчет) экскаватора.

### **9.1 Выбор основных параметров**

При выборе исходных данных для проектирования одноковшового экскаватора заданными величинами являются вместимость ковша, грузоподъемность при крановом оборудовании. Выбор основных размеров, параметров рабочего оборудования, удельного давления на грунт, скоростей передвижения и т. п. следует согласовать с данными стандарта, с учетом новейших достижений, что может потребовать некоторой корректировки.

Искомые величинами при проектировании являются:

- 1) веса основных элементов и машины в целом;
- 2) рабочие размеры и размеры рабочего оборудования;
- 3) усилия, скорости и мощности привода отдельных механизмов.

Большая часть основных параметров одноковшовых экскаваторов может быть определена по зависимостям, основывающимся на законах подобия.

При этом следует иметь в виду, что получаемые результаты будут тем больше соответствовать действительным значениям, чем ближе условия и режимы работы, а также рабочие процессы и конструктивные схемы сопоставляемых моделей машины.

К основным и исходным параметрам одноковшовых экскаваторов относятся продолжительность цикла и радиус действия ковша. Рабочие габаритные размеры экскаваторов вычисляют обычно по зависимостям подобия типа:

$$A = k_p \cdot \sqrt[3]{G}, \quad (9.1)$$

где  $A$  — линейный размер, м;  $G$  — масса машины, т;  $k_p$  — коэффициент.

Мощность силовой установки, величина усилий, рабочие скорости и время протекания отдельных процессов приближенно могут быть определены по следующим зависимостям.

Усилия:

$$S = k_y \cdot \sqrt[3]{G^2}, \quad (9.2)$$

где  $k_y$  — коэффициент усилий.

Скорость рабочих движений:

$$v = k_v \cdot \sqrt[3]{G}, \quad (9.3)$$

где:  $k_v$  — коэффициент скорости.

Продолжительность цикла или элемента цикла:

$$t = k_{\eta} \cdot \sqrt[5]{G} \quad (9.4)$$

или

$$t = k_{\eta} \cdot \sqrt{R} \quad (9.5)$$

Где:  $R$  — радиус действия, м;  $K_{\eta}$  — коэффициент цикла.

Мощность силовой установки:

$$N = k_N G \quad (9.6)$$

где:  $k_N$  — коэффициент мощности.

Значения входящих в формулы коэффициентов устанавливаются обычно на основании статистических данных для близких по конструктивной схеме и по рабочим процессам машин. Для приближенных расчетов значений параметров и веса отдельных элементов одноковшовых экскаваторов могут быть приняты следующие соотношения.

Вес ковша прямой лопаты, обратной лопаты, драглайна:

$$G_K = 1.8 \cdot V \quad (9.7)$$

где  $V$  — емкость (вместимость, геометрический объем) ковша,  $m^3$ .

Вес рукояти прямой лопаты:

$$G_P = (0,4 \dots 0,5) G_K \quad (9.8)$$

где  $G_K$  — вес ковша;

Вес стрелы лопаты универсальных строительных карьерных и вскрышных экскаваторов:

$$G_{с.л.} = (0,07 \dots 0,1) G \quad (9.9)$$

где:  $G$  — вес машины.

Вес стрелы драглайна:

$$G_{с.д.} = (0,06 \dots 0,09) G \quad (9.10)$$

Вес рабочего оборудования лопаты:

$$G_L = (0,14 \dots 0,18) G \quad (9.11)$$

Вес поворотной платформы:

$$G_{пов} = (0,5 \dots 0,6) G \quad (9.12)$$

Вес гусеничного хода вместе с нижней рамой:

$$G_{гус} = (0,3 \dots 0,4) G \quad (9.13)$$

Для справок (при необходимости выполнения уточненных расчетов для проектирования экскаваторного или иного стрелового оборудования машин природообустройства) приводятся значения весов отдельных элементов рабочего оборудования различных моделей универсальных экскаваторов.

*Таблица 9.1.*



**Вес элементов рабочего и навесного оборудования одноковшовых  
универсальных экскаваторов.**

Элемент	Модель экскаватора				
	Э-302А Э-303А	Э-652А Э-653А	Э-1011Д	Э-1251Б Э-1252Б	Э-2503
Стрела прямой и обратной лопаты, т	0,5	1,27	1,33	1,63	4,18 (прямая лопата)
Рукоять прямой лопаты, т	0,22	0,53	1,0	1,4	3,56
Ковш прямой лопаты, т	0,37	0,87	1,5	1,5	4,5-5,5
Унифицированный ковш, т	0,52	-	-	-	-
Рукоять обратной лопаты, т	0,22	0,33	1,0	1,1	-
Ковш обратной лопаты, т	0,38	0,74	1,5	1,5	-
Решетчатая стрела драглайна, крана и грейфера (без вставки), т	0,88	0,87	1,2	0,75	2,9
Ковш драглайна, т	0,44	0,96	1,1-1,25	1,15	1,2-2,5
Ковш грейфера, т	0,65	1,5	1,8	1,73	-
Противовес, т	0,4	2,5	2,8	-	-

### 9.3 Усилия и скорости в основных механизмах экскаватора

Подъемный и напорный механизмы прямой лопаты. Подъемное усилие на блоке ковша в процессе копания, равно:

$$S_n = \frac{1}{r_n} (P_{01}r_K + g_P r_P + g_{k+z} r_z) \quad (9.14)$$

где  $r_n$  – плечо усилия подъёма  $S_n$ ;  $r_K$  – плечо силы сопротивления грунта копанию  $P_{01}$ ;  $r_P$  – плечо силы тяжести рукояти  $g_P$ ;  $r_z$  – плечо силы тяжести ковша с грунтом  $g_{k+z}$ .

Скорость на блоке ковша прямой лопаты при стандартном оборудовании принимается в зависимости от емкости ковша экскаватора (табл. 9.2.).

Таблица 9.2

### Скорости на блоке ковша

Ёмкость ковша $q, \text{ м}^3$	0,25-0,5	1,0-1,5	2-3	4-6	12
Скорость на блоке ковша $v, \text{ м/с}$	0,5	0,6	0,8	1	1,25

Средняя скорость напорного движения принимается в пределах:

$$v_H = (0,5 \dots 1,0) v_K \quad (9.15)$$

где  $v_K$  — скорость подъема ковша, м/с.

Средняя скорость возврата рукояти обычно равна

$$v_{\text{возвр}} = (1,3 \dots 1,5) v_H \quad (9.16)$$

При зависимом напорном механизме для сохранения скорости подъема ковша  $v_K$  необходимо увеличить скорость движения подъемного каната:

$$v = 2v_K + v'_K \quad (9.17)$$

При зависимом реечном напоре:

$$v'_K = v_P \frac{D_{б.н}}{D_{н.о}} \quad (9.18)$$

При зависимом канатном напоре:

$$v'_K = v_P \cdot i \quad (9.19)$$

где  $v_P$  — скорость выдвигания рукояти, м/с;  $D_{б.н}$  — диаметр напорного барабана, м;  $D_{н.о}$  — диаметр начальной окружности шестерни, передающей усилие на рейку рукояти, м;  $i$  — кратность напорного полиспаста.

Максимальное значение подъемного усилия при использовании всей мощности на подъем составляет:

$$S n_{nmax} \quad (9.20)$$

Мощность механизма подъема:

$$N_n = \frac{S_n \cdot v_n}{102 \eta_n} \quad (9.21)$$

где:  $\eta_n$  — к. п. д. механизма подъема,  $\eta_n = 0,64 \dots 0,65$ .

Усилие напора вдоль рукояти при ее горизонтальном положении определяется из уравнения:

$$S_{н.а} = P_{02} + S_n \cos \beta \pm g_{к+г+p} \sin(\phi - \alpha) \quad (9.22)$$

где  $g_{к+г+p}$  — вес ковша с грунтом и частью веса рукояти.

Усилие, направленное перпендикулярно оси рукояти:

$$S_H = P_{01} + g_{к+г+p} \cos(\phi - \alpha) - S_n \sin \beta \quad (9.23)$$

Эти усилия можно также определить графически.

#### 9.4 Подъемный и тяговый механизмы драглайна и прямой лопаты

Максимальное тяговое усилие при работе драглайна определяется из формулы при предельном угле откоса  $\alpha=45^\circ$ .

Усилие в подъемном канате при работе драглайна:

$$S_n = (0,7 \dots 0,8) S \quad (9.24)$$

Скорости тягового каната и подъема ковша принимаются для универсальных экскаваторов  $v_T = 0,7 \dots 0,9$  м/с;  $v_n = 0,8 \dots 1,2$  м/с;

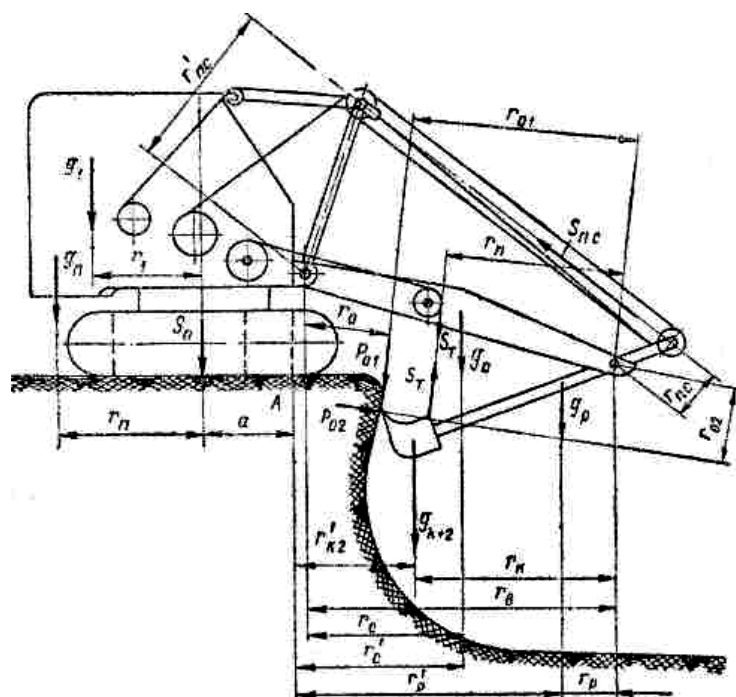


Рис. 9.1 Определение усилий при работе с рабочим оборудованием обратная лопата

Расчетное тяговое усилие ковша обратной лопаты  $S_T$  получается для положения в конце копания (рис. 9.1) из уравнения моментов относительно шарнира рукояти:

$$S_T = \frac{P_{01}r_{01} + P_{02}r_{02} + g_{к+э}r_K + g_P r_P + S_{н.с}r_{н.с}}{r_T} \quad (9.25)$$

Скорость тяги ковша обратной лопаты при известной мощности силовой установки может быть определена из уравнения:

$$v_T = \left( N - \frac{S_{н.с} \cdot v_{н.с}}{102 \cdot \eta_{н.с}} \right) \frac{102 \cdot \eta_T}{S_T} \quad (9.26)$$

Скорость тяги ковша обратной лопаты  $v_T = 0,35 \dots 0,45$  м/с.

Усилие подъема стрелы обратной лопаты определяется приближенно из уравнения моментов относительно шарнира пяты стрелы:

$$S_{н.с} = \frac{1}{r'_{н.с}} [g_{к+э}(r_B - r_K) + g_C r_C + g_P (r_B - r_P)] \quad (9.27)$$

Скорость подъема  $v_{н.с} = 0,25 \dots 0,3$  м/с.

## 9.5 Расчет механизма поворота

Для определения мощности двигателя механизма поворота необходимо определить максимальное ускорение и определить моменты сопротивления повороту.

Моменты сопротивления повороту: момент сил трения, отнесенный к поворотной платформе, для роликов с осями, закрепленными в поворотной платформе:

$$M_{тр} \approx \frac{0,05 \cdot R \cdot G_n}{r} (\mu \cdot d + 2 \cdot f_0) \quad (9.28)$$

для свободных роликов:

$$M_{тр} \approx 0,01 \frac{R \cdot G_n}{r} \cdot f_0$$

где:  $R$  — радиус круга катания (средний), м ;  $G_n$  — вес поворотной части экскаватора, Н;  $r$  — радиус ролика, м;  $d$  — диаметр оси ролика, м;  $\mu$  — коэффициент трения ролика на оси,  $\mu = 0,05 \dots 0,1$ ;  $f_0$  — плечо трения качения  $f_0 = 0,05 \dots 0,08$ , м.

Момент сил инерции в период разгона или замедления:

$$M_p = m \cdot J \cdot \varepsilon_p \quad (9.29)$$

Для определения максимального ускорения нужно определить момент трения сцепления ходового устройства с грунтом.

Момент трения сцепления для двухгусеничного хода определяется по формуле, предложенной Е. Р. Петерсом:

$$M_c = \frac{1}{12} \mu \cdot p_{cp} \left[ 2L(BD - B_1 D_1) + 2.3L^3 \cdot \lg \frac{D_1 - B_1}{D - B} + 2.3B^3 \lg \frac{B}{D - L} - 2.3B_1^3 \cdot \lg \frac{B_1}{D_1 - L} \right] \quad (9.30)$$

где:  $L$ ,  $B$  и  $B_1$  — соответственно длина, ширина, расстояние между звеньями опорной части гусениц, м;  $\mu \approx 0,25$  — коэффициент сцепления, учитывающий возможность работы на влажных поверхностях разрабатываемых участков;  $p_{cp}$  — среднее удельное давление на грунт, Н/м<sup>2</sup>;  $D$  — диаметр ведущей звездочки, м;  $D_1$  — диаметр опорного катка, м.

$$D = \sqrt{B^2 + L^2}; \quad D_1 = \sqrt{B_1^2 + L^2} \quad (9.31)$$

Момент трения сцепления гусениц с грунтом, Нм

$$M_c \geq \varepsilon_{MAX} \cdot J \quad (9.32)$$

где  $\varepsilon_{MAX}$  — критическое угловое ускорение экскаватора в целом; при этом необходимо и достаточно, чтобы

$$\varepsilon_{MAX} = \frac{m \cdot \omega_{max}}{t_3} \quad (9.33)$$

где  $m$  — коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся частей поворотного механизма;  $t_3$  — время замедления (торможения), с;  $J$  — момент инерции вращающейся части экскаватора с грузным ковшом, выдвинутым на три четверти хода горизонтального положения рукояти, кг·м<sup>2</sup>.

Мощность двигателя механизма поворота:

$$N_{ДВ} = \frac{(M_{TP} + M_{II}) \cdot \omega}{\eta} \quad (9.34)$$

Давление на опорную поверхность определяют, как отношение эксплуатационной массы экскаватора к площади опорной поверхности его гусеничного хода.

Среднее давление на опорную поверхность гусеничных экскаваторов не должно быть больше следующих значений для экскаваторов с массой:

до 18 т – 50 кПа; до 25 т – 65 кПа; до 32 т – 90 кПа; до 50 т – 120 кПа; свыше 50 т – 220 кПа.

## 9.6. Тяговый расчет

Тяговый расчет проводят для того, чтобы определить условия движения, тяговые сопротивления и мощность, расходуемую на передвижение

Необходимое тяговое усилие  $W$  на гусеничной цепи должно быть больше общего сопротивления передвижению:

$$W \geq W_1 + W_2 + W_3 \geq (0,1 + 0,3 + 0,09)G \approx f \cdot G \approx 0,5G \quad (9.35)$$

где  $W_1$  – сопротивление перемещению экскаватора, Н;  $W_2$  – сопротивление при движении на подъем, Н;  $W_3$  – сопротивление сил инерции, Н;  $G$  – вес экскаватора, Н.

Скорость передвижения  $v_x$  экскаватора определяется мощностью двигателя  $N_d$  из уравнения:

$$N_d = \frac{P_x \cdot v_x}{102 \cdot \eta_x} \quad (9.36)$$

Откуда:

$$v_x = \frac{102 \cdot N_d \cdot \eta_x}{f \cdot G} \quad (9.37)$$

Где:

$$P_x = f \cdot G \quad (9.38)$$

## 9.7. Основные составляющие сопротивления движению

Суммарная приведенная сила сопротивления качению равна сумме сопротивлений качению на каждом колесе машины:

$$P_f = f_k \cdot \Sigma R_{ki} = f_k \cdot G \cdot \cos \alpha \quad (9.39)$$

где  $G$  – общий вес машины, Н;  $\alpha$ . — угол наклона поверхности качения к горизонту.

При движении машины на подъем возникает сила сопротивления подъему  $P_a$ , которое равно продольной составляющей веса машины:

$$P_a = G \cdot \sin \alpha \quad (9.40)$$

При определении сопротивления движению машины, сопротивления качению и подъему часто объединяют вместе, выражая их через коэффициент сопротивления движению  $\psi_c$ :

$$P_f \pm P_a = G \cdot (f_k \cdot \cos \alpha \pm \sin \alpha) = G \cdot \psi_c, \quad (9.41)$$

где

$$\psi_c = f_k \cdot \cos \alpha \pm \sin \alpha \quad (9.42)$$

Здесь знак «+» ставят при движении машины на подъем и «-» — под уклон.

При движении с разгоном или торможением имеют место инерционные сопротивления. При разгоне:

$$P_n = (m + m_{np.k}') \cdot v/t_p \quad (9.43)$$

При торможении:

$$P_n' = (m + m_{np.k}'') \cdot \frac{v}{t_p} \quad (9.44)$$

## 9.8. Тяговое усилие машины

Максимальное тяговое усилие, реализуемое по условию сцепления движителей машины с поверхностью качения:

$$T_{сц} = T_{сц\max} \quad (9.45)$$

где  $G_{сц}$  — сцепной вес машины, т. е. вес, приходящийся на ее ведущие колеса; для гусеничных машин сцепной вес равен общему весу машины, Н.

Сцепной вес машины можно выразить через коэффициент  $\gamma_p$ , использования сцепного веса, представляющего собой отношение сцепного веса  $G_{сц}$  к нормальной составляющей общего веса машины

$$\gamma_p = G_{c\psi} / (G \cdot \cos \alpha) \quad (9.46)$$

Тогда:

$$T_{c\psi} = \gamma_p \cdot \phi_{c\psi} \cdot G \cos \alpha \quad (9.47)$$

Максимальная суммарная окружная сила, которая может быть реализована по сцеплению движителей с поверхностью качения:

$$P f_{p_{c\psi_k}} \cos \alpha_{kmax} \quad (9.48)$$

для колесных машин со всеми ведущими колесами  $\gamma_p = 1$  и

$$P c_{\psi_k} \cos \alpha_{kmax} \quad (9.49)$$

### 9.9. Уравнения тягового и мощностного балансов.

Уравнения тягового баланса показывают, как распределяется движущее усилие, создаваемое двигателем на ведущих колесах, по отдельным видам сопротивлений движению машины. Уравнения тягового баланса для машин природообустройства обычно составляют для двух характерных режимов работы — транспортного и тягового. При работе на транспортном режиме считают, что на рабочие органы не действуют рабочие сопротивления, а машина движется с достаточно высокой (транспортной) скоростью. Для тягового режима работы машин природообустройства характерны большие рабочие сопротивления и малые скорости движения, что позволяет не учитывать сопротивления воздушной среды.

Уравнение тягового баланса можно получить либо непосредственно из условия, что тяговое усилие должно быть равно сумме сил сопротивления движению, либо из условия равенства работы тягового усилия сумме работ сил сопротивления.

Для тягового режима работы машин природообустройства уравнения тягового баланса без учета сопротивления буксования запишется так:

$$P_p = G \cdot \psi_c + W_2 + W_3 \quad (9.50)$$

а для транспортного режима работы:

$$P_p = G \cdot \psi_c + W_B + W_3 \quad (9.51)$$



где  $\psi_c$  – коэффициент суммарного сопротивления дороги;  $W_B$  – сопротивление воздуха, Н.

Уравнение мощностного баланса показывает, как распределяется мощность, передаваемая к движителям машины, по отдельным видам сопротивлений движения.

Если часть мощности двигателя, равная  $N_0$ , расходуется на привод каких-либо вспомогательных механизмов, то:

$$N_p = (N_D - N_0) \cdot \eta \quad (9.52)$$

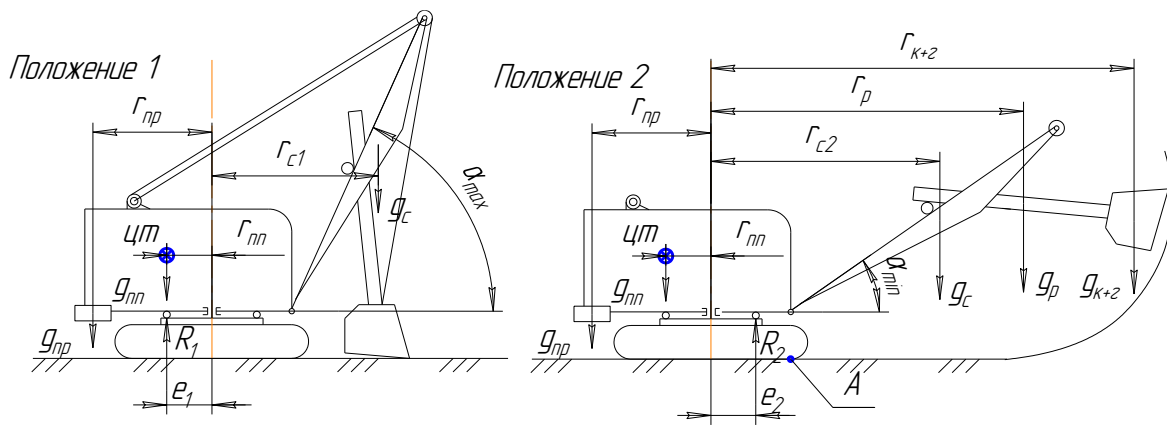
Мощность, подведенная к движителям машины, расходуется на преодоление сопротивлений качению колес (гусениц)  $N_f = P_f v$ , подъему машины  $N_a = P_a v$ , воздушной среды  $N_b = P_b v$ , на выполнение рабочих процессов  $N_T = W_p v$  и на преодоление инерционных сопротивлений:

$$N_n = P_n v$$
$$N_p = N_f + N_a + N_b + N_T + N_n \quad (9.53)$$

Мощность  $N_T$ , расходуемая на преодоление рабочих сопротивлений, называется тяговой мощностью. Для транспортных машин тяговая мощность соответствует так называемой мощности на крюке, расходуемой на движение прицепа.

### 9.10. Статический расчет

Рассмотрим методику выбора противовеса, для одноковшового экскаватора с рабочим оборудованием прямая лопата. Равнодействующую массу поворотной платформы и рабочего оборудования смещают в два крайних положения.



Принятые обозначения:

$r_{np}, r_{nn}, r_{c1}, r_p, r_{k+g}$  – плечи сил соответственно тягести противовеса, тягести механизмов на поворотной платформе, тягести стрелы, тягести рукояти и тягести ковша с грунтом.

$g_{np}, g_{nn}, g_c, g_p, g_{k+g}$  – силы тягести соответственно противовеса, механизмов на поворотной платформе, стрелы, рукояти, ковша с грунтом.

**Рис. 9.2** Схема к определению устойчивости одноковшового экскаватора.

Начало копания (положение 1): ковш опирается на грунт, его сила тягести и сила тягести рукояти не оказывают влияния на равновесие платформы, стрела поднята под углом  $\alpha_{max} = 60^\circ$ , в равновесии платформы участвуют сила тягести стрелы  $g_c$ , сила тягести противовеса  $g_{np}$  и сила тягести поворотной платформы  $g_{nn}$  со всеми механизмами и сборочными единицами без противовеса и рабочего оборудования.

Расчетный вылет ковша, полностью загруженного грунтом (положение 2): стрела расположена под углом  $\alpha_{min} = 35 \dots 40^\circ$ . В равновесии платформы участвуют силы тягести рукояти  $g_p$ , ковша с грунтом  $g_{k+g}$ , стрелы  $g_c$ , противовеса  $g_{np}$  и механизмов на платформе  $g_{nn}$ .

Равнодействующие силы тягести в соответствующих положениях:

$$R_1 = g_{nn} + g_{np} + g_c \quad (9.54)$$

$$R_2 = g_{nn} + g_{np} + g_c + g_p + g_{k+g} \quad (9.55)$$

Результирующие опрокидывающие моменты относительно оси поворотной платформы:

$$M_1 = g_{nn} \cdot r_{nn} + g_{np} \cdot r_{np} - g_c \cdot r_{c1} \quad (9.56)$$

$$M_2 = g_c \cdot r_{c2} + g_p \cdot r_p + g_{k+g} \cdot r_{k+g} - g_{nn} \cdot r_{nn} - g_{np} \cdot r_{np} \quad (9.57)$$

Смещение  $e_1$  и  $e_2$  равнодействующих относительно оси центральной цапфы (поворотного круга):

$$e_1 = \frac{M_1}{R_1} \quad (9.58)$$

$$e_2 = \frac{M_2}{R_2} \quad (9.59)$$

При соблюдении этих условий найденный противовес принимается как наиболее рациональный.

Устойчивость экскаватора оценивают коэффициентом собственной устойчивости  $K_{с.у.}$  определяемым по формуле:

$$K_{с.у.} = \frac{\sum M_y}{\sum M_o} \quad (9.60)$$

где  $\sum M_y$  – сумма удерживающих моментов;  $\sum M_o$  – сумма опрокидывающих моментов.

Расчет устойчивости выполняют по основным нагрузкам, обеспечивая при этом коэффициент собственной устойчивости  $K_{с.у.} \geq 1 \dots 1,15$ ].

$$K_{с.у.} = \frac{g_{nn} \cdot (r_{nn} + a) + g_{np} \cdot (r_{np} + a)}{g_c \cdot (r_c - a) + g_p \cdot (r_p - a) + g_{k+z} \cdot (r_{k+z} - a)} \quad (9.61)$$

Коэффициент рабочей (грузовой) устойчивости определяют из равновесия сил, действующих на машину относительно точки А,  $K_{гр} \geq 1,4$ .

## 9.11. Производительность

Теоретическая производительность,:

$$P_0 = 60 \cdot q \cdot n_{ц} \quad (9.62)$$

где  $q$  — геометрическая емкость ковша,  $m^3$ ;  $n_{ц}$  — расчетное число циклов в минуту,

$$n_{ц} = \frac{60}{t_{ц}} \quad (9.63)$$

где:  $t_{ц}$  — продолжительность цикла, с.

$$t_{ц} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 \quad (9.64)$$

где  $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6$  — соответственно время копания, подъема ковша на высоту выгрузки, поворота на разгрузку, разгрузки, поворота порожнего ковша в забой, опускания ковша в забое, с.

Значения средней расчетной продолжительности цикла и средние значения коэффициентов  $k_p$  и  $\frac{1}{k_p}$  для лопаты и драглайна можно принимать по прототипу экскаватора.

Техническая производительность равна:

$$P_T = P_0 \cdot k_2 \quad (9.65)$$

где:  $k_2$  — коэффициент влияния грунта.

Для одноковшовых экскаваторов обычно учитывается только зависимость  $k_2$  от коэффициентов наполнения ковша и разрыхления грунта:

$$k_2 = \frac{k_H}{k_P} \quad (9.66)$$

Эксплуатационная производительность зависит от технической  $P_T$  и определяется формулой:

$$P_{\Sigma} = P_T k_B \quad (9.67)$$

где:  $k_B$  — коэффициент использования рабочего времени, учитывающий потери времени, связанные с операциями подготовки машины к работе, управления, с передвижками машины и перерывами в подаче транспорта. Величина его принимается в пределах 0,6...0,78, в зависимости от конкретных условий работы.

## 9.12. Вопросы для самоподготовки.

1. Объясните разницу между одноковшовым и многоковшовым экскаватором.
2. Из каких основных частей состоит одноковшовый экскаватор?
3. Какие типы ходового оборудования одноковшовых экскаваторов вы знаете?
4. Расскажите о достоинствах и недостатках электрического привода.
5. Какие вы знаете виды сменного рабочего оборудования?

6. Какие экскаваторы называются универсальными, полууниверсальными и специальными?
7. На какие группы делятся экскаваторы по своему назначению?
8. Расскажите, каким требованиям должна удовлетворять конструкция строительного экскаватора.
9. В каких случаях применяется рабочее оборудование драглайна?
10. Какими способами может производиться разработка грунта драглайном?
11. От чего зависит выбор типа забоя при работе драглайном?
12. Как устанавливается драглайн в забое?
13. Расскажите о порядке разработки забоя драглайном.
14. Что такое работа с закидкой и когда ее применяют?
15. Как производится разгрузка ковша драглайна?
16. Когда применяются экскаваторы с рабочим оборудованием обратной лопаты?
17. В каких случаях применяется рабочее оборудование прямой лопаты?
18. Объясните разницу между боковым и лобовым забоем.
19. Какими способами можно расширить лобовой забой?
20. Чем руководствуются при выборе типа забоя?

## **10. Расчет экскаваторов непрерывного действия**

Экскаватором непрерывного действия называют самоходные землеройные машины с активными рабочими органами, которые одновременно и непрерывно копают, транспортируют и разгружают грунт при поступательном перемещении всей машины.

Общий расчет экскаватора непрерывного действия заключается в определении производительности, основных конструкционных параметров машины, выполнении тягового и статического расчетов.

## 10.1. Расчет производительности

Теоретическая производительность экскаватора непрерывного действия определяется из выражения:

$$P_0 = 0,06 \cdot n_Z \cdot q_K \quad (10.1)$$

где:  $q_K$  - расчетная (геометрическая) вместимость ковша, л;  $n_Z$  - число разгрузок ковшей в минуту.

Число разгрузок ковшей в минуту  $n_Z$  связано со скоростью движения ковшей и их шагом (расстоянием между ковшами) следующей зависимостью:

$$n_Z = \frac{60 \cdot v_K}{T} \quad (10.2)$$

где:  $v_K$  - скорость ковша, м/мин;  $T$  – шаг ковшей, м.

Шаг ковшей  $T$  принимаем по прототипу.

Техническая производительность экскаватора непрерывного действия определяется объемом выработки экскаватора в плотном теле за единицу времени непрерывной работы с учетом технических возможностей машины:

$$P_T = P_0 \frac{K_H}{K_P} = 0,06 \cdot n_Z \cdot q_K \frac{K_H}{K_P} \quad (10.3)$$

где:  $K_H$  – коэффициент наполнения ковшей;  $K_P$  – коэффициент разрыхления грунта.

Средние значения коэффициентов  $K_H$  и  $K_P$  могут приниматься для заданной категории грунта (табл.10.1).

*Таблица - 10.1*

**Коэффициенты наполнения  $K_H$ , разрыхления  $K_P$  и обобщенный коэффициент влияния грунта  $K_G$  для ЭНД.**

Категория грунта	$K_H$	$K_P$	$K_G$
1	1,25	1,15	1,09
2	1,25	1,20	0,96
3	1,05	1,25	0,84
4	0,9	1,30	0,69

Эксплуатационная производительность ЭНД зависит от технической производительности. При ее расчете учитываются лишь простои, допускаемые конкретными производственно-техническими условиями эксплуатации машины:

$$П_{\text{Э}} = П_{\text{Т}} \cdot K_{\text{В}} \quad (10.4)$$

где:  $K_{\text{В}}$  - коэффициент использования по времени, 0,7...0,8.

## 10.2. Определение основных конструктивных параметров экскаватора непрерывного действия.

Рациональное соотношение рабочих скоростей экскаватора определяется из условия расчетного заполнения каждого ковша за время продвижения в массиве по всей глубине траншеи. Это условие выражается равенством:

$$q \cdot \frac{K_{\text{Н}}}{K_{\text{Р}}} = l \cdot B \cdot H \quad (10.5)$$

или

$$q \cdot \frac{K_{\text{Н}}}{K_{\text{Р}}} = T \cdot \frac{v_{\text{Э}}}{v_{\text{Ц}}} \cdot B \cdot H \quad (10.6)$$

где:  $q$  – вместимость ковша, м<sup>3</sup>;  $v_{\text{Э}}$  – рабочая скорость экскаватора, м/с;  $l$  – длина траншеи, м;  $B$  и  $H$  – расчётные ширина и глубина траншеи, м.

Отсюда следует, что при данной скорости экскаватора скорость ковшовой цепи:

$$v_{\text{Ц}} = v_{\text{Э}} \cdot \frac{B \cdot H \cdot T \cdot K_{\text{Р}}}{q \cdot K_{\text{Н}}} \quad (10.7)$$

## 10.3. Определение рабочих скоростей, общих размеров и массы машины

Скорость рабочего перемещения определяется заданной производительностью экскаватора размерами траншеи:

$$v_{\text{Э}} = \frac{\Pi}{B \cdot H} \quad (10.8)$$

Шаг ковшей:

$$T \geq v_{Ц} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (l_K - t_{Ц})}{g}} \quad (10.9)$$

где:  $l_K$  – длина ковша;  $t_{Ц}$  – шаг цепи.

Ориентиром для предварительного определения массы экскаватора непрерывного действия служат методики расчета параметров этих машин, разработанный в соответствии с техническими условиями. Ориентировочные массы отдельных узлов определяют по соответствующим показателям машин-аналогов.

#### 10.4. Тяговый расчет

Определение тяговых сопротивлений экскаватора выполняется по правилам тяговых расчетов. Необходимое тяговое усилие экскаватора при рабочем движении на подъем:

$$\sum W = W_1 + P_{Г} \quad (10.10)$$

где:  $W_1$  – сопротивление передвижению экскаватора, Н;  $P_{Г}$  – горизонтальная составляющая сопротивления грунта копанию, Н.

$$W_1 = (G + P_B)(f_1 \pm i) \quad (10.11)$$

где:  $G$  – вес экскаватора, Н;  $P_B$  – вертикальная составляющая сопротивления грунта копанию, Н;  $f_1$  – коэффициент сопротивления передвижению машины;  $i$  – уклон поверхности движения.

Вертикальная и горизонтальная составляющие, действующие на рабочий орган:

$$P_B = P_0(\sin \alpha - \psi \cos \alpha)$$

$$P_{Г} = P_0(\cos \alpha + \psi \sin \alpha) \quad (10.12)$$

где  $P_0$  – суммарная сила сопротивления грунта копанию, Н;  $\alpha$  – угол наклона забоя к горизонту,  $\alpha = 50 \dots 55^\circ$ ;  $\psi$  – коэффициент, составляющий отношение нормальной составляющей сопротивления копанию к суммарной.



### **10.5. Баланс мощности экскаваторов непрерывного действия.**

Его определяют для того, чтобы установить режим работы на рабочих скоростях и назначить максимальную транспортную скорость.

$$N_{\text{двиг}} = N_{\text{цепи}} + N_{\text{пер}} + N_{\text{тр}} + N_{\text{нас}} \quad (10.13)$$

где  $N_{\text{цепи}}$ ,  $N_{\text{пер}}$ ,  $N_{\text{тр}}$ ,  $N_{\text{нас}}$  - мощности, расходуемые соответственно на привод цепного или роторного рабочего органа, передвижение экскаватора с рабочей скоростью, привод отвальных транспортных устройств и системы управления экскаватором (гидронасосы, механические лебедки).

### **10.6. Статический расчет экскаваторов непрерывного действия**

Вследствие сравнительно малых габаритов траншейных экскаваторов ветровой нагрузкой на них при расчете устойчивости обычно пренебрегают, сводя расчет к рассмотрению двух состояний экскаватора:

- а) рабочего – с опущенной ковшовой рамой;
- б) нерабочего – с поднятой рамой (транспортный ход машины).

Для рабочего положения траншейного экскаватора (рис.10.1а) суммарное вертикальное давление на опорную поверхность составляет

$$g = g_0 + g_p + P_z \cdot \sin \alpha \quad (10.14)$$

где  $g_0$  – вес экскаватора с транспортером и грунтом на нем;  $g_p$  – вес ковшовой рамы с грунтом в ковшах;  $P_z$  – суммарное усилие копания, определяемое ранее указанным путем.

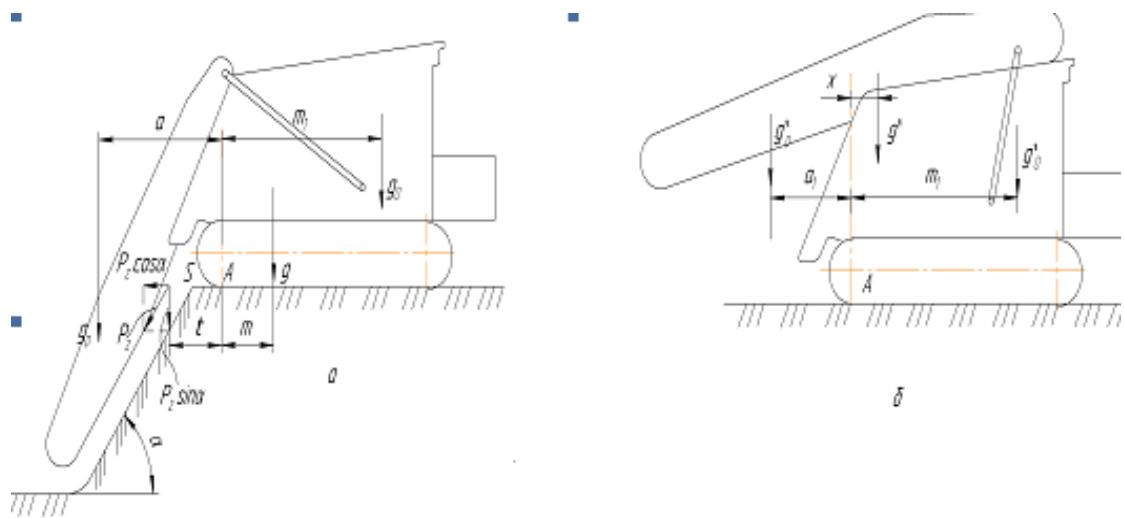


Рис. 10.1 Расчет устойчивости экскаватора непрерывного действия.

Пользуясь обозначениями (рис.10.1 а), для координат всех действующих сил найдем положение равнодействующей вертикальных сил относительно точки опрокидывания А из выражения

$$m = \frac{g_0 \cdot m_1 - g_p \cdot a - P_z t \cdot \sin \alpha}{g} \quad (10.15)$$

Коэффициент устойчивости машины определится из соотношения опрокидывающих и удерживающих моментов:

$$k_{уст} = \frac{\Sigma M_{уд}}{\Sigma M_{опр}} = \frac{g_0 \cdot m_1}{g_p \cdot a + P_z t \cdot \sin \alpha} \geq 1,25 \quad (10.16)$$

Для транспортного положения машины (рис.10.1 б) имеем:

Равнодействующая вертикальных сил:

$$g' = g_0' + g_p', \quad (10.17)$$

где  $g_0'$  и  $g_p'$  - вес экскаватора соответственно с транспортером (без грунта на нем) и ковшовой рамы (без грунта в ковшах);

Смещение центра тяжести

$$x = \frac{g_0' \cdot m_1 - g_p' \cdot a_1}{g'} \quad (10.18)$$

Коэффициент устойчивости в этом случае выразится соотношением:

$$k_{уст} = \frac{\Sigma M_{уд}}{\Sigma M_{опр}} = \frac{g'_0 \cdot m_1}{g'_p \cdot a_1} \geq 1,25. \quad (10.19)$$

### **10.7. Вопросы для самоподготовки.**

1. Назначение экскаваторов непрерывного действия.
2. Расчет производительности цепных траншейных экскаваторов.
3. Классификация экскаваторов непрерывного действия.
4. Принцип работы экскаваторов непрерывного действия.
5. Технические характеристики цепных экскаваторов продольного копания.
6. Рабочие скорости роторных траншейных экскаваторов продольного копания.
7. Виды экскаваторов поперечного копания.
8. Виды режущих элементов цепных экскаваторов продольного копания.
9. Расчет производительности роторных экскаваторов продольного копания.
10. Способы разгрузки ковшей роторных траншейных экскаваторов.
11. Рабочие скорости роторных экскаваторов поперечного копания.
12. Техническая производительность роторных экскаваторов поперечного копания.
13. Привод роторных траншейных экскаваторов.
14. Система управления экскаватора поперечного копания.
15. Ходовое оборудование экскаваторов непрерывного действия.
16. Способы регулирования уклона дна траншеи.
17. Особенности работы в переувлажненных грунтах.
18. Особенности работы в мерзлых грунтах.
19. Привод цепных траншейных экскаваторов.
20. Способы натяжения цепи.

## 11. Расчет автогрейдера

Основное назначение автогрейдера – профилирование и создание дорожного полотна путём перемещения к оси полотна грунта, вынутаго из боковых кюветов, возведение невысоких насыпей, планировка площадок и пологих откосов, перемешивание и разравнивание материалов дорожных покрытий.

Основной расчет автогрейдера заключается в определении основных параметров и размеров машины, производительности, тяговых сопротивлений и тягового расчета, мощности двигателя.

### 11.1. Определение основных параметров и размеров.

Основные параметры и размеры автогрейдеров регламентируются ГОСТ 9420-79. К ним относятся: масса автогрейдера, удельная мощность, высота отвала, длина отвала, скорости движения.

### 11.2. Производительность автогрейдера

При постройке насыпи из боковых резервов:

$$П_T = \frac{3600 \cdot V}{T \cdot K_P} \quad (11.1)$$

где:  $V$  – объем грунта, перемещаемого за один проход:

$$V = \frac{H_0^2 \cdot L_0 \cdot K_H}{2 \cdot t_g \phi_T} \quad (11.2)$$

где:  $K_H$  – коэффициент наполнения,  $K_H = 1,8 \dots 2,0$ ;  $\phi_T$  – угол естественного откоса,  $\phi_T = 30 \dots 40^\circ$ ;  $T$  – продолжительность цикла, с.

$$T = \frac{l_P}{v_P} + \frac{l_{II}}{v_{II}} + \frac{l_X}{v_X} + t_C + t_0 + 2 \cdot t_{II} \quad (11.3)$$

где:  $l_P$  – длина пути резания, м;  $l_{II}$  – длина пути перемещения, м;  $l_X$  – длина пути обратного хода, м;  $v$  – скорость резания, м/с;  $v$  – скорость перемещения, м/с;  $v$  – скорость обратного хода, м/с;  $t_C$  – время на переключение передач, с;  $t_0$  – время на подъем и опускание отвала, с;  $t_{II}$  – время поворота в конце участка, с;  $K_P$  – коэффициент разрыхления грунта.

### 11.3. Особенности рабочего процесса и взаимодействия рабочего органа с грунтом.

Рабочий процесс автогрейдера заключается в срезе и поперечном перемещении грунта рабочим органом, расположенным под углом к направлению движения.

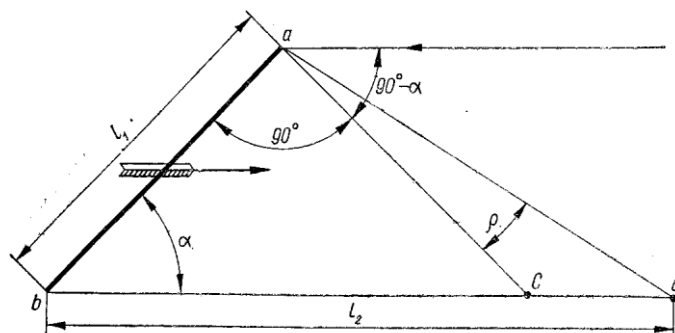


Рис. 11.1 Схема движения частицы грунта перед отвалом грейдера:  $l_1$ - длина отвала грейдера,  $\alpha$  — угол установки отвала по отношению к направлению движения грейдера,  $l_2$ — путь грейдера, за который грунтовая частица сместится за пределы отвала.

Если пренебречь силами трения, то траектории частиц грунта можно считать лежащими в вертикальной плоскости, проходящей через точки  $a$  и  $c$  под углом  $90^\circ - \alpha$  к направлению движения машины (рис. 11.1). Тогда частица грунта, попавшая на отвал в точке  $a$  должна сойти с него в точке  $c$ .

Из-за трения траектории частицы отклоняются на угол  $\rho$ , в результате чего частица оказывается за пределами отвала только в точке  $d$ .

Скорость перемещения грунтовой призмы вдоль отвала:

$$v_{ПР} = v_{ГР} \cdot \frac{l_1}{l_2} \quad (11.4)$$

где:  $v_{ГР}$  – скорость движения грейдера, м/с.

Подставляя в это выражение значение  $l_1$ , определяемое из косоугольного треугольника  $abd$ , получим:

$$v_{ПР} = v_{ГР} \cdot (\cos \alpha - \operatorname{tg} \rho \cdot \sin \alpha) \quad (11.5)$$

Зная скорость перемещения грунта вдоль отвала и поперечное сечение призмы волочения, можно определить количество грунта, перемещаемого грейдером.

Сечение призмы волочения принято условно считать треугольным, тогда его площадь:

$$F_{ПП} = \frac{(H^2 \cdot ctg\phi \cdot K_{зап})}{2} \quad (11.6)$$

где:  $H$  – высота отвала, м;  $\phi$  – угол естественного откоса грунта в движении;  $K_{зап}$  – коэффициент накопления грунта перед отвалом.

Максимальное количество грунта, перемещаемого отвалом за единицу времени, т. е. пропускная способность отвала, определяется по формуле:

$$П_{от} = F_{ПП} \cdot v_{ПП}, \quad (11.7)$$

Грунт перемещается поперек движения грейдера на расстояние

$$l = L \cdot \sin \alpha \quad (11.8)$$

где:  $L$  — длина отвала, м.

Этого перемещения чаще всего недостаточно для укладки грунта в тело сооружения. Поэтому каждый срез грунта сопровождается несколькими проходами автогрейдера для перемещения, срезанного грунта. Так как количество перемещаемого грунта увеличивается с уменьшением угла захвата, то проходы для перемещения грунта целесообразно выполнять при угле захвата до  $45^\circ$ .

#### **11.4. Тяговые сопротивления и тяговый расчет**

Различают два режима работы автогрейдера: рабочий и транспортный. Для рабочего режима характерны большие тяговые сопротивления и малые скорости движения, для транспортного – большие скорости движения и сравнительно малые тяговые сопротивления.

При рабочем режиме общее тяговое сопротивление:

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7 + F_8 \quad (11.9)$$

где:  $F_1$  – сопротивление резанию грунта, Н;  $F_2$  – сопротивление трению ножа о грунт, Н;  $F_3$  – сопротивление перемещению призмы волочения по грунту, Н;  $F_4$  – сопротивление перемещению грунта вдоль отвала, Н;  $F_5$  – сопротивление перемещению грунта вверх по отвалу, Н;  $F_6$  – сопротивление перемещению автогрейдера, Н;  $F_7$  – сопротивление движению на подъем, Н;  $F_8$  – сопротивление сил инерции, Н.

Сопротивление резанию грунта:

$$F_1 = K_{рез} \cdot S_C \quad (11.10)$$

где:  $K_{рез}$  – удельное сопротивление грунта резанию, Н/м<sup>2</sup>;  $S_C$  – проекция площади поперечного сечения стружки грунта, м<sup>2</sup>.

$$S_C = L_0 \cdot h_P \cdot \sin \alpha \quad (11.11)$$

где:  $L_0$  – длина отвала, м;  $h_P$  – глубина резания, м;  $\alpha$  – угол захвата.

Сопротивлению трению ножа о грунт:

$$F_2 = R_Z \cdot f_C \quad (11.12)$$

где:  $R_Z$  – вертикальная составляющая суммарного усилия, действующего на нож, Н;  $f_C$  – коэффициент трения ножа о грунт.

Сопротивление перемещению призмы волочения:

$$F_3 = L_0 (H_0 - 0,25h_P)^2 (2K_P \phi_\Gamma)^{-1} f_\Gamma \cdot \sin \alpha \quad (11.13)$$

где:  $H_0$  – высота отвала, м;  $\phi_\Gamma$  – угол трения грунта о грунт;  $f_\Gamma$  – коэффициент трения грунта о грунт.

Сопротивления перемещению грунта вдоль отвала:

$$F_4 = G_{ПП} \cdot f_\Gamma \cdot f_C \cdot \cos \alpha \quad (11.14)$$

Сопротивление перемещению вверх по отвалу:

$$F_5 = G_{ПП} \cdot f_C \cdot \cos^2 \psi \cdot \sin \alpha \quad (11.15)$$

где:  $G_{пп} \cdot f_\Gamma$  – сила сопротивления перемещению призмы волочения, Н;  $G_{пп} \cdot f_\Gamma \cdot f_C$  – сила трения грунта при движении вдоль отвала, Н.

Общее сопротивление копанию:

$$F_{КОП} = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 = K_{КОП} \cdot S_C \quad (11.16)$$

Сопротивление перемещению автогрейдера:

$$F_{ПЕР} = F_6 + F_7 = f_0 \cdot G + G \cdot \sin \alpha_y \quad (11.17)$$

где:  $f_0$  – суммарный коэффициент сопротивления качению;  $\alpha_y$  – угол наклона поверхности к горизонту.

Сопротивление сил инерции:

$$F_8 = \frac{(m_a + m_T) \cdot v_P}{t_P} \quad (11.18)$$

где:  $(m_a + m_T)$  - масса автогрейдера и грунта в призме волочения, кг;  
 $v_P$  - рабочая скорость движения, м/с;  $t_P$  - время разгона, с.

При транспортном режиме общие тяговые сопротивления:

$$F = F_6 + F_7 + F_8 + F_9 \quad (11.19)$$

где:  $F_9$  – сопротивление воздуха, Н.

Сопротивление воздуха:

$$F_9 = K_0 \cdot S_L \cdot \frac{v_T^2}{3,6^2} \quad (11.20)$$

где:  $K_0$  - коэффициент обтекаемости, Н·с<sup>2</sup>/м<sup>4</sup>;  $S_L$  - лобовая площадь, м<sup>2</sup>;  $v_T$  - транспортная скорость, км/ч.

### 11.5. Мощность двигателя.

На первой рабочей скорости при режиме максимальной тяговой мощности, с учетом коэффициента буксования  $\delta = 20\%$ , двигатель должен работать на режиме максимальной мощности:

$$N = (0,70 \dots 0,73) \phi_{СЦ} \cdot \varepsilon \cdot f_0 \cdot G_a \cdot v_P^{-1} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot \eta^{-1} k_{вых}^{-1} \cdot k_0 (1 - 0,01\delta) \quad (11.21)$$

где:  $\eta$  – общий КПД трансмиссии;  $k_{вых}$  - коэффициент выходной мощности двигателя,  $k_{вых} = 0,9$ ;  $k_0$  - коэффициент, учитывающий отбор мощности на привод вспомогательных механизмов,  $k_0 = 0,75 \dots 0,90$ .

Мощность при передвижении на максимальной транспортной скорости:

$$N = (f_0 \cdot G_a + F_9) v_{T_{МАХ}} \cdot \eta^{-1} \cdot 3,6^{-1} \cdot 10^{-3} \quad (11.22)$$

где:  $v_{T_{МАХ}}$  - максимальная транспортная скорость, м/ч.



По наибольшему значению  $N$  с коэффициентом запаса  $k_{ЗАП} = 1,2 \dots 1,4$  подбирают двигатель:

$$N_{ДВ} = k_{ЗАП} \cdot N \quad (11.23)$$

### **11.6. Вопросы для самоподготовки.**

1. Область применения автогрейдеров.
2. Начертите принципиальную конструктивную схему автогрейдера с гидравлическим управлением и опишите его устройство.
3. Начертите гидравлическую схему автогрейдера и опишите его устройство.
4. Произведите тяговый расчет автогрейдера.
5. Определите нагрузки, действующие на элементы рабочего оборудования и системы управления.
6. Рассчитайте производительность автогрейдера и выберите оптимальный режим его работы.
7. Классификация автогрейдеров.
8. Способы установки отвала.
9. Как расшифровывается колесная формула автогрейдера?
10. Произведите расчет баланса мощности автогрейдера.

### **12. Расчет бульдозера**

Бульдозер представляет из себя навесное оборудование на гусеничный или колесный трактор в виде отвала криволинейного профиля, навешиваемого при помощи рамы или толкающих брусьев.

Бульдозеры служат для послойного копания, планировки и перемещения грунтов и других материалов на расстояние до 60...150 м при строительстве и ремонте дорог, каналов, дамб, котлованов и др.

Общий расчет бульдозера заключается в выполнении тягового и статического расчетов, а также в определении основных параметров.

К основным параметрам бульдозера относят удельное напорное усилие и вертикальное давление внедрение на режущей кромке ножа отвала. Они определяют возможность разработки грунтов с различным сопротивлением копанию.

Главный параметр бульдозера – номинальное тяговое усилие, которое определяется на плотном грунте с учетом догрузки базовой машины массой рабочего оборудования.

Номинальное тяговое усилие бульдозера:

$$F = m \cdot g \cdot k \cdot \phi_{\text{сц}} \quad (12.1)$$

где:  $m$  – масса бульдозера, кг;

$k$  – коэффициент использования массы по сцеплению;

$\phi_{\text{сц}}$  - коэффициент сцепления.

Скорость рабочего хода бульдозера выбирают в пределах 2,5...3,5 км/ч. Высота отвала  $H$  регламентируется тяговым усилием бульдозера и определяется по эмпирическим формулам для неповоротного отвала:

$$H = 230\sqrt[3]{F} - 0,5F \quad (12.2)$$

для поворотного отвала:

$$H = 210\sqrt[3]{F} - 0,5F \quad (12.3)$$

где:  $F$  – номинальное тяговое усилие базовой машины, Н.

### 12.1. Тяговый расчет

Тяговые сопротивления при работе бульдозера определяют в момент окончания набора грунта перед отвалом.

Общее тяговое сопротивление:

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 \quad (12.4)$$

где:  $F_1$  – сопротивление грунта резанию, Н;  $F_2$  – сопротивление перемещению призмы волочения, Н;  $F_3, F_4$  – сопротивление трению при движении грунта соответственно вверх по отвалу и вдоль него, Н;  $F_5$  –

сопротивление движению базовой машины с бульдозерным оборудованием, Н.

Сопротивление грунта резанию:

$$F_1 = k \cdot B \cdot h \cdot \cos \alpha \quad (12.5)$$

где:  $k$  – удельное сопротивление грунта резанию, Н/м<sup>2</sup>;  $B$  – ширина отвала, м;  $h$  – глубина резания, м;  $\alpha$  – угол установки отвала.

Сопротивление перемещению призмы волочения грунта:

$$F_2 = m_{\text{ПР}} \cdot g \cdot f_{\Gamma} \cdot \cos \alpha \quad (12.6)$$

где:  $m_{\text{пр}}$  – масса призмы волочения, кг.

$$m_{\text{ПР}} = V_{\text{ПР}} \cdot \gamma_p = \frac{B \cdot H^2}{2k_{\text{ПР}}} \gamma_p \quad (12.7)$$

где:  $H$  – высота отвала, м;  $k_{\text{ПР}}$  – коэффициент, зависящий от характеристики грунта и формы отвала; для связных грунтов  $k_{\text{ПР}} = 0,8 \dots 0,9$ , для несвязных -  $k_{\text{ПР}} = 1,2 \dots 1,3$ ;  $\gamma_p$  – плотность разрыхленного грунта, кг/м<sup>3</sup>;  $f_{\Gamma}$  – коэффициент трения грунта о грунт.

Сопротивление трению при движении грунта вверх по отвалу:

$$F_3 = m_{\text{ПР}} \cdot g \cdot f_c \cdot \cos^2 \delta \cdot \cos \alpha \quad (12.8)$$

где:  $f_c$  – коэффициент трения грунта по металлу;  $\delta$  – угол резания.

Сопротивление трению при движении грунта вдоль по отвалу:

$$F_4 = m_{\text{ПР}} \cdot g \cdot f_c \cdot f_{\Gamma} \cdot \sin \alpha \quad (12.9)$$

Сопротивление движению базовой машины с бульдозерным оборудованием:

$$F_5 = (m_b \cdot g \pm R_{OB})(f_0 \pm i) \quad (12.10)$$

где:  $m_b$  – масса бульдозера, кг;  $R_{OB}$  – вертикальная реакция на отвал бульдозера, Н;  $f_0$  – коэффициент сопротивления движению базовой машины;  $i$  – уклон поверхности движения.

Потребная мощность двигателя трактора:

$$N = \frac{F \cdot v}{3,6 \cdot \eta} \quad (12.11)$$

где:  $v$  – рабочая скорость бульдозера, км/ч;  $\eta$  – КПД трансмиссии.

## 12.2. Производительность.

Техническая производительность бульдозера при разработке перемещении грунта определяется по формуле:

$$P_T = \frac{3600 \cdot V \cdot k_Y}{t_{Ц} \cdot k_P} \quad (12.12)$$

где  $V$  – объем призмы волочения,  $m^3$ ;  $k_Y$  – коэффициент уклона;  $t_{Ц}$  – время одного цикла, с;  $k_P$  – коэффициент разрыхления грунта.

Производительность бульдозера зависит от формы отвала, длины транспортирования, свойств грунта (песок или глина), работы под уклон или на подъем.

## 12.3. Определение усилий, действующих на бульдозер. Расчетные положения.

На бульдозер с неповоротным отвалом во время работы действуют следующие силы: сила тяжести базовой машины и навесного оборудования, реакции со стороны грунта на отвал, составляющие силы в упряжном шарнире, усилия в механизме управления отвалами при выглублении и заглублении отвала, касательная сила тяги, силы сопротивления передвижению базовой машины и равнодействующая вертикальной реакции грунта на ходовое оборудование, приложенная в центре давления.

Максимальная горизонтальная составляющая реакции грунта на отвал определяется толкающей возможностью тягача по сцеплению:

$$R_{OG} = F_{K.CЦ} - F_5 \quad (12.13)$$

где:  $F_{K.CЦ}$  – касательная сила тяги по сцеплению, Н.

Касательная сила тяги по сцеплению определяется в двух положениях рабочего оборудования:

отвал не удерживается механизмом управления, и он опирается на грунт:

$$F_{K.CЦ} = G_b \cdot \phi_{CЦ} \quad (12.14)$$

отвал удерживается механизмом управления, при этом:

$$F_{K.CЦ} = (G_б + G_H \pm R_{OB})\phi_{CЦ} \quad (12.15)$$

#### 12.4. Статический расчет

При статическом расчете бульдозера определяют отклонение центра давления от точки приложения результирующей всех сил  $R$ , действующих на ходовое оборудование, до середины опорной поверхности машины, максимальное давление на кромках гусениц и общую устойчивость бульдозера.

Положение центра давления определяют для трех положений бульдозера:

1. на горизонтальной площадке с поднятым отвалом;
2. на горизонтальной площадке в процессе отделения от массива стружки оптимальной толщины при максимально возможном объеме грунта перед отвалом;
3. во время движения в горизонтальной траншее с перемещением максимально допустимого объема грунта без резания.

Смещение центра давления не должно приводить к отрыву от грунта передней и задней кромок гусениц или соответствующих колес машины. Смещение центра давления определяется согласно условиям статики (рис.12.1).

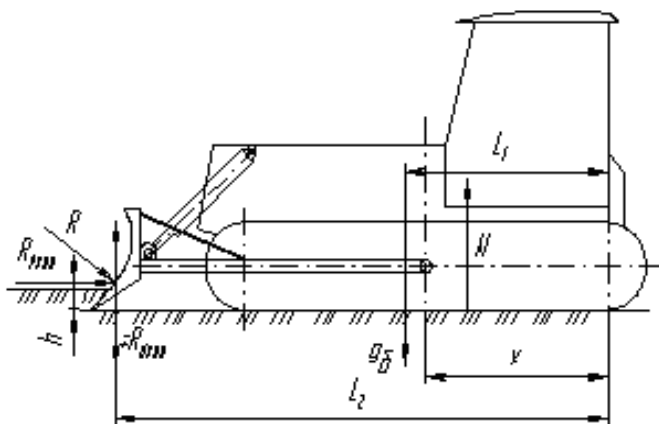


Рис. 12.1 Схема сил для определения координат центра давления:

$g_б$  - эксплуатационная сила тяжести бульдозера,  $R_{Ркоп}$  и  $R_{Нкоп}$  -

соответственно касательная и нормальная составляющие сопротивления грунта копанию,  $N$  – опорная реакция грунта;  $l_1, l_2$  и  $h$  – плечи сил тяжести бульдозера, рабочего оборудования и силы копания,  $x$  – смещение центра давления.

$$x = \frac{g_6 \cdot L_1 + R_{N\text{коп}} \cdot L_2 - R_{P\text{коп}} \cdot h}{N} \quad (12.16)$$

Общая устойчивость бульдозера определяется для двух случаев:

- упор отвала в препятствие (рис.12.2, а);
- подъем отвала (рис.12.2, б).

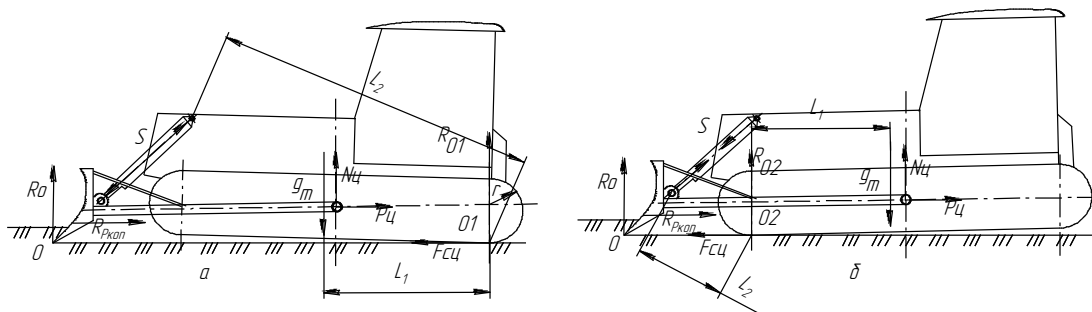


Рис. 12.2 Схема для определения нагрузок, действующих на бульдозер:

а) заглубливание отвала, б) выглубливание отвала,  $S$  – усилие в гидроцилиндре,  $l_1, l_2$  – плечи усилий, действующих в гидроцилиндре, соответственно при заглубливании и выглубливании отвала.

Проверка осуществляется по условию неопрокидывания вокруг заднего  $O1$  или переднего  $O2$  ребра. При этом коэффициент устойчивости должен быть не менее 1,5.

$$K = \frac{\sum M_y}{\sum M_o} = 1,5 \quad (12.17)$$

С достаточной для расчета точностью силы  $R_o$ ,  $R_{P\text{коп}}$  и  $S$  можно считать пересекающимися в одной точке  $O$  и, следовательно, не создающими каких-либо моментов в вертикальной плоскости. Расположение балок толкающей рамы под небольшим углом к горизонту позволяет считать, что  $R_{P\text{коп}} = 2P_{ц}$  и пренебрегать силами  $N_{ц}$ .

Тогда для первого случая (рис.12.2 а) коэффициент устойчивости можно определить из выражения:

$$k_{уст} = \frac{g_m \cdot l_1}{2S \cdot l_2 + 2P_{II} \cdot r} = \frac{g_m \cdot l_1}{2S \cdot l_2 + R_P \cdot r}, \quad (12.18)$$

а для второго случая (рис.12.2 б)

$$k_{уст} = \frac{g_m \cdot l_1 + R_P \cdot r}{S \cdot l_2}. \quad (12.19)$$

При проектировании бульдозера эти же уравнения могут быть использованы для определения усилия, развиваемого гидроцилиндрами механизма подъема отвала при заданном коэффициенте устойчивости ( $K=1,5$ ).

### **12.5. Вопросы для самоподготовки.**

1. По каким признакам классифицируют бульдозеры?
2. Как способ маневрирования бульдозера связан с типом рамы?
3. Для чего нужны балансирный брус и диагональное звено?
4. Какие контуры гусеничного ходового оборудования известны?
5. Для чего нужен перекоп отвала в поперечной плоскости?
6. Используют ли одновременно толкающие рамы и брусья?
7. Какие типы толкающих рам известны?
8. Для каких целей используют разные типы отвалов?
9. Перечислите расчётные случаи, используемые при проверке бульдозерного оборудования на прочность.
10. Из каких составляющих складывается рабочий цикл бульдозера?

### **13. Расчет скрепера.**

Скрепером называется землеройно-транспортная машина с ковшовым рабочим органом, предназначенная для послойного резания грунта с одновременным заполнением ковша, транспортирования его к месту выгрузки, отсыпки (с частичным разравниванием и уплотнением) слоями определенной толщины.

По способу агрегатирования все скреперы делятся на: прицепные, полуприцепные и самоходные, а по числу осей — на одноосные и двухосные.

Вместимость ковша прицепных скреперов по типоразмерам, установленным ГОСТ 5738—73, составляет соответственно 3, 4, 5, 8, 10, 15, 25 м<sup>3</sup>. Максимальное заглубление в зависимости от вместимости ковша 100...500мм. Толщина слоя отсыпки 300...600 мм.

Задачей общего расчета скреперов является определение основных параметров, проведение тягового расчета, проверка его устойчивости при работе и определение производительности.

### 13.1. Определение основных параметров скрепера.

Главный параметр тягача — максимальная мощность двигателя и нагрузка на ось, а скрепера — вместимость ковша.

Вместимость ковша:

$$V_K = G_G \cdot \frac{K_P}{K_H} \cdot \gamma \quad (13.1)$$

где:  $G_G$ , -вес грунта в полностью загруженном ковше, Н;  $K_P$  — коэффициент разрыхления;  $K_H$  — расчетный коэффициент наполнения ковша (при совместной работе с толкачом на тяжелых суглинках и глине  $K_H=0,9...1,1$ , на легких суглинках  $K_H = 1,1...1,2$ , на несвязных грунтах  $K_H=0,8...1,0$ );  $\gamma$  — удельный вес грунта ненарушенной структуры, Н/ м<sup>3</sup>.

Высота задней стенки:

$$h_{зад}=0,45h_z \quad (13.2)$$

где:  $h_z$ , — высота наполнения ковша (по вертикали от линии стыка ножа с днищем); при  $V_k= 3, 6, 10, 15 м$ , соответственно  $h_z=1,0...1,13; 1,25...1,50; 1,8...2,0; 2,3...2,4 м$ .

Длину  $l_k$  и высоту  $h_k$  ковша можно определять приближенно:

$$l_k \cong \sqrt{xV_k b_k^{-1}}; h_k \cong \sqrt{V_k(x)^{-1} b_k^{-1}} \quad (13.3)$$

Габаритная ширина:



$$b_z = b_k + \Delta b \quad (13.4)$$

где  $b_k$  — внутренняя ширина ковша, м.

Для самоходных скреперов с одноосным тягачом габаритная длина и ширина ковша:

$$l_k = (0,87 \dots 1,13)(1050 + 765 \sqrt[3]{V_k + 2,5}) 10^{-3} \quad (13.5)$$

$$b_k = (0,87 \dots 1,13)(400 + 1060 \sqrt[3]{V_k}) \cdot 10^{-3} \quad (13.6)$$

высота боковой стенки:

$$h_{бок} = (0,9 \dots 1,2)(250 + 520 \sqrt[3]{V_k}) \cdot 10^{-3} \quad (13.7)$$

ширина резания:

$$b_{рез} = (0,9 \dots 1,1)(-500 + 1620 \sqrt[3]{V_k - 4,7}) \cdot 10^{-3} \quad (13.8)$$

вес скрепера:

$$G_c = 10^{-2}(0,81 \dots 1,19)V_k \quad (13.9)$$

Толщина стружки может быть определена по формуле:

$$C = q \cdot \frac{K_H}{K_P} \cdot L \cdot h \cdot b \quad (13.10)$$

где:  $K_P$  — коэффициент разрыхления;  $L$  — длина заполнения (~60 м).

### 13.2. Производительность скреперов.

Производительность скреперов подсчитывают по формуле, общей для всех машин циклического действия:

$$П = 3600 \cdot \frac{q_k \cdot K_H}{t_{ц} \cdot K_P} \quad (13.11)$$

где:  $q_k$  — геометрическая емкость ковша, м<sup>3</sup>;  $K_H$  — коэффициент наполнения ковша;  $K_P$  — коэффициент разрыхления грунта;  $t_{ц}$  — продолжительность цикла, с.

В свою очередь  $t_{ц}$  складывается из ряда элементов цикла:

$$t_{ц} = t_H + t_{ГХ} + t_B + t_{ХХ} \quad (13.12)$$

где:  $t_H, t_{ГХ}, t_B, t_{ХХ}$  — соответственно продолжительности набора грунта, груженого хода, выгрузки, холостого хода.

Продолжительность каждой из составляющих цикла определяется делением соответствующей длины пути на скорость движения:

$$t_H = \frac{l_H}{v_H} \cdot K_3 \quad (13.13)$$

$$t_{GX} = \frac{l_{GX}}{v_{GX}} \cdot K_3 \quad (13.14)$$

$$t_B = \frac{l_B}{v_B} \cdot K_3 \quad (13.15)$$

$$t_{XX} = \frac{l_{XX}}{v_{XX}} \cdot K_3 \quad (13.16)$$

где:  $l_H, l_{GX}, l_B, l_{XX}$  – длины участков пути набора, груженого, выгрузки, и порожнего хода, м;  $v_H, v_{GX}, v_B, v_{XX}$  – соответствующие элементам цикла скорости движения тягача при наборе, выгрузке груженом и порожнем ходе, выбираем соответствие с тяговыми сопротивлениями на различных участках пути движения скрепера, м/с;  $K_3$  – коэффициент, учитывающий увеличение продолжительности элементов цикла, за счет разгона при трогании с места, замедления при остановке и переключении передач, пробуксовки движителей по грунту.

### 13.3. Тяговый расчет скрепера с загрузкой тягачом.

Этот расчет проводят двумя способами: 1) по заданной вместимости определяют тяговые сопротивления и потребную силу тяги, по которой подбирают тягач; 2) по заданному типу тягача и его мощности рассчитывают вместимость ковша скрепера. Для прицепного скрепера, по опытным данным, вычисляют ориентировочную вместимость и проводят проверочный расчет, определяя возможность применения заданного тягача. Для самоходного скрепера находят вместимость ковша из тягового расчета для транспортного режима и проверяют расчетом на наполнение ковша. Полное тяговое сопротивление, возникающее при наполнении ковша скрепера:

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 \quad (13.17)$$

где:  $F_1, F_2, F_3, F_4, F_5$  — сопротивления соответственно перемещению груженого скрепера, резанию грунта, трению ножа о грунт, наполнению ковша, перемещению призмы волочения, Н.

Сопротивление перемещению груженого скрепера:

$$F_1 = (G_c + G_z)(f'_o \pm i) \quad (13.18)$$

где:  $G_c + G_z$ , — вес груженого скрепера, Н;  $f'_o$  — суммарный коэффициент сопротивления передвижению;  $i = \operatorname{tg} a_y$ ;  $a_y$  — угол наклона поверхности движения, град.

Сопротивление резанию грунта ножом скрепера:

$$F_2 = k_{рез} S_c \quad (13.19)$$

где:  $S_c$  — площадь проекции стружки, м<sup>2</sup>; при  $V_k = 6, 10$  и  $15$  м<sup>3</sup>, рекомендуемая толщина стружки составляет соответственно 0,04...0,06; 0,08...0,10 и 0,12...0,14 м (суглинок) и 0,06...0,08; 0,10...0,14 и 0,16...0,18 м (супесь);  $k_{рез}$  — коэффициент удельного сопротивления резанию, Н/м<sup>2</sup>.

Сопротивление наполнению ковша скрепера грунтом, состоит из сопротивления силе тяжести поднимаемого столба грунта и сопротивления трению грунта в ковше, обусловленного давлением призм грунта, располагающихся по обе стороны входящей в ковш на III стадии заполнения стружки:

$$F_4 = F_4' + F_4'' = b_k h_{рез} h_z \gamma + x b_k h_z^2 \gamma \quad (13.20)$$

где:  $h_{рез}$  — толщина стружки, м;  $b_k, h_z$  — ширина ковша и высота грунта в нем, м;  $\gamma$  — в Н/м<sup>3</sup>;  $x = \operatorname{tg} \varphi_z / (1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_z)$  — угол внутреннего трения грунта, град.

По опытным данным, объем призмы волочения перед заслонкой (в процентах от вместимости ковша) составляет: 26, 28 и 32 для песка; 22, 17 и 16 для супеси; 10, 10 и 9 для влажных суглинков; 10, 5 и 4 для глин при вместимости ковша соответственно 6, 10 и 15 м<sup>3</sup>.

Сопротивление перемещению призмы волочения:

$$F_5 = V_n \cdot \gamma \cdot f_z \cdot k_p^{-1} \quad (13.21)$$

где:  $V_n$  — объем призмы волочения,  $\text{м}^3$ ;  $f_z$  — коэффициент трения грунта по грунту, для связных грунтов  $f_z=0,5$ ; для несвязных грунтов  $f_z=0,7$ ; максимальное значение  $f_z=1,0$ .

При наборе грунта самоходным скрепером  $F_k \geq F$  и  $G_{cy}\varphi_{cy} \geq F$  и прицепным скрепером:

$$F_{кр} \geq F \text{ и } G_{mp}(\varphi_{cy} - f_o - i) \geq F \quad (13.22)$$

где:  $F_k$  — максимальная окружная сила на шинах ведущих колес, Н;  $F$  — суммарное тяговое сопротивление, Н;  $F_{кр}$  — максимальная сила на крюке тягача, Н;  $G_{cy}, G_{mp}$  — сцепной вес соответственно колесного и гусеничного тягачей, Н;  $\varphi_{cy}$  — коэффициент сцепления;  $f_o$  — коэффициент сопротивления передвижению движителя тягача.

При использовании толкачей на загрузке с максимальным толкающим усилием  $F_{толк}$ :

$$k_{од}(F_k + F_{толк}) \geq F \text{ и } k_{од}(F_{кр} + F_{толк}) \geq F \quad (13.23)$$

где:  $k_{од}$  — коэффициент одновременности работы толкача и тягача;  $k_{од}=0,85 \dots 0,90$ .

### 13.4. Тяговый расчет самоходных одномоторных скреперов.

Цель — определение основных параметров самоходного скрепера и толкача, обеспечивающие необходимые усилия для эффективного копания с толкачом и необходимую транспортную скорость.

Допустимый вес груженого скрепера:

$$G = G_c + G_r = \frac{3,6 \cdot 10^3 \eta}{f_o' v_{трmax}} \left( k_o k_{вых} N_{дв} - \frac{k_{об} S v_{трmax}^2}{3,6^2} \frac{v_{трmax}}{3,6 \cdot 10^3 \eta} \right) \quad (13.24)$$

где:  $G_c, G_r$  — соответственно вес порожнего скрепера и грунта в ковше, Н;  $\eta$  — механический КПД трансмиссии;  $k_o$  — коэффициент, учитывающий отбор мощности на привод вспомогательных механизмов;  $k_{вых}$  — коэффициент выходной мощности;  $k_{вых}=0,9$ ;  $N_{дв}$  — максимальная мощность двигателя, кВт;  $k_{об}=0,6 \dots 0,7$  — коэффициент обтекаемости,

$Hc^2/m^4$ ;  $S$  — лобовая площадь одноосного тягача,  $m^2$  (ориентировочно произведение ширины колес на максимальную высоту тягача);  $v_{трmax}$  — максимальная транспортная скорость, км/ч;  $v_{трmax}=45...55$  км/ч.

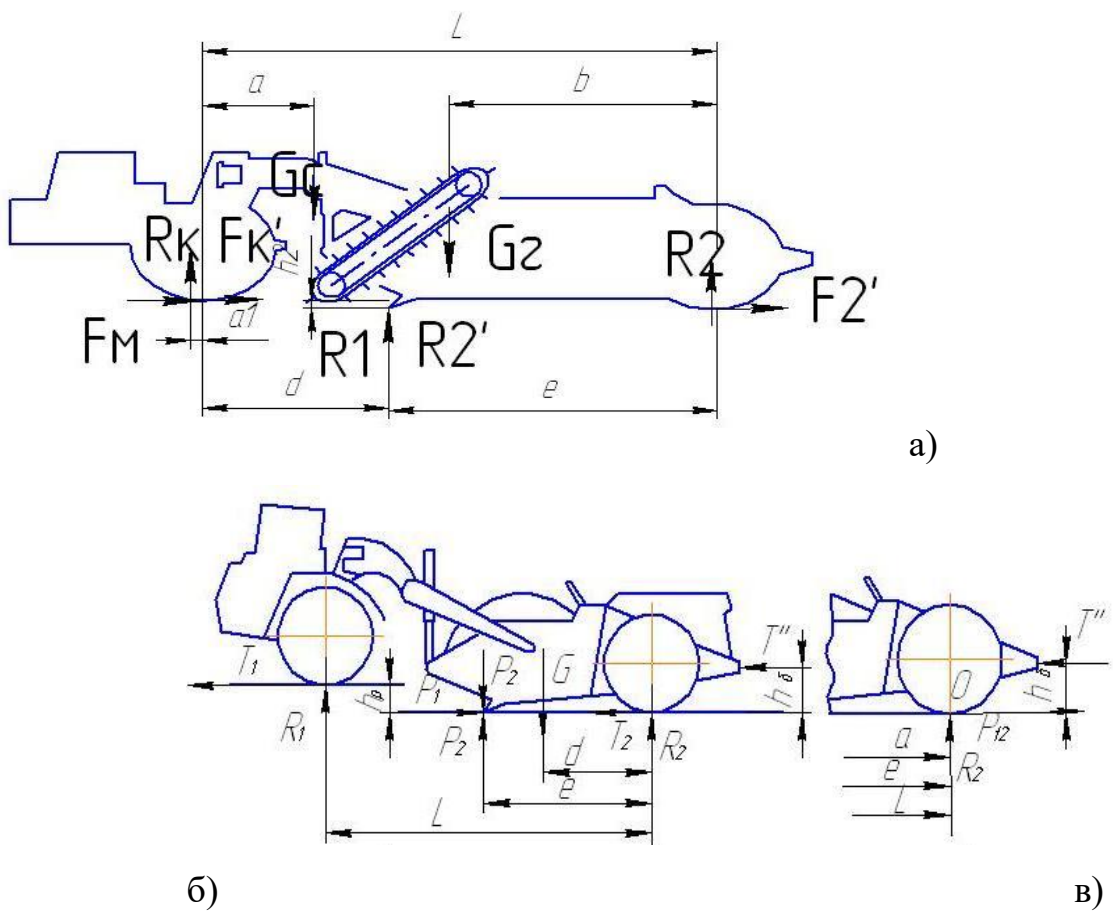


Рис. 13.1 Схемы к расчету самоходного скрепера:

- а)заполнение с элеваторной загрузкой; б) со всеми ведущими колесами; в) с передними ведущими колесами.

Толкач выбирается таким, чтобы в конце заполнения ковша полностью использовались тяговые качества тягача и толкача.

Максимальная сила тяги скрепера с гусеничным толкачом по сцеплению:

$$F_{толк} = \frac{F}{k_{ов}} - F_k = \frac{F}{k_{ов}} - (0,73...0,75)\phi_{сц}R_1 \quad (13.25)$$

где:  $F_k$  — максимальная сила тяги тягача по сцеплению, Н;  $R_1$  — нормальная реакция грунта на колеса одноосного тягача в заключительной стадии заполнения ковша скрепера, Н.

Уравнение (13.25) называется уравнением тягового баланса самоходного скрепера, работающего с толкачом. По тяговому усилию, определяемому по формуле (13.25), можно выбрать толкач.

Мощность двигателя тягача самоходного скрепера при рассматриваемом режиме работы:

$$N_{\partial\partial} = \frac{[F_k + (f_o \pm i)R_1]v_{\partial}}{3,6 \cdot 10^3 \eta (1 - 0,01\delta_o)} \quad (13.26)$$

где:  $f_o$  — коэффициент сопротивления качению;  $v_{\partial}$  — скорость скрепера, км/ч;  $\eta$  — КПД трансмиссии тягача;  $\delta_o = 30\%$ .

### 13.5. Баланс мощности.

Необходимая мощность двигателя тягача, для прицепного скрепера при наборе грунта без толкача:

$$N_{\partial\partial} = [G_m(f_o \pm i) + F]v_p / (3,6 \cdot 10^3 \eta) \quad (13.27)$$

где:  $G_m$  — вес тягача, Н;  $f_o$  — коэффициент сопротивления передвижению движителя тягача;  $v_p$  — рабочая скорость, км/ч;  $\eta$  — общий КПД трансмиссии тягача.

Для самоходного скрепера со всеми ведущими колесами мощность двигателя:

$$N_{\partial\partial} = Fv_p / (3,6 \cdot 10^3 \eta) \quad (13.28)$$

Баланс мощности скрепера с элеваторной загрузкой:

$$N_{\partial\partial} = N_k + N_{\partial} + N_{\partial\partial} \quad (13.29)$$

где:  $N_k$  и  $N_{\partial\partial}$  — мощность соответственно для привода колесного движителя и вспомогательных механизмов, кВт.

### 13.6 Расчет устойчивости

Устойчивость скреперов проверяется при движении их под уклон, на подъем, по криволинейным участкам пути и по косогору. Запас устойчивости во всех этих случаях должен быть не менее 1,2. Проверяют

устойчивость в этих случаях так же, как это было выполнено применительно к бульдозерам.

При движении скрепера по косоугору возможно опрокидывание всей машины относительно ребра опрокидывания, проходящего через опорные точки О – О (рис. 13.2) ходовой части машины с одной из ее сторон и точки, проходящей через шарнир сцепного устройства и опорную точку одного из задних колес.

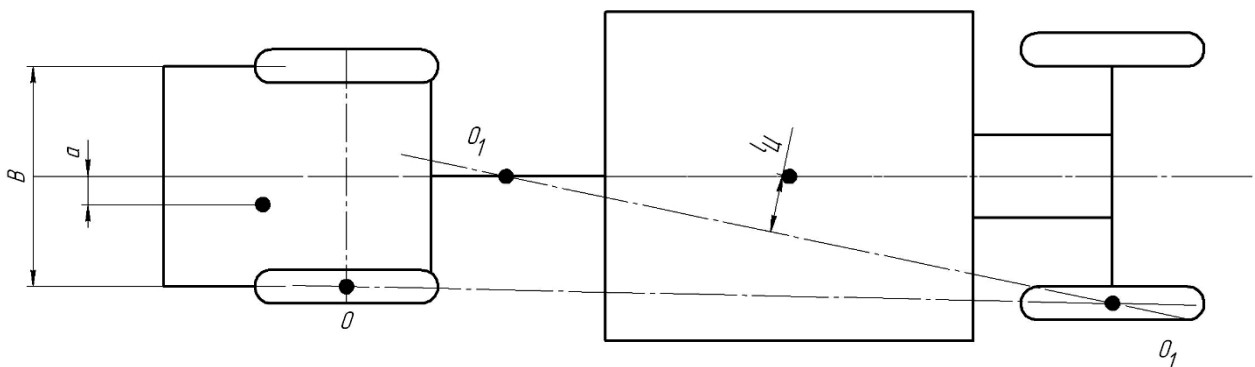


Рис.13.2 Схема к определению устойчивости скрепера: В – колея скрепера, м; а – смещение центра тяжести тягача, м;  $l_{ц}$  – плечо центра тяжести прицепа, м.

Допустимый угол поперечного уклона:

$$tg\alpha = \frac{0,5 \cdot B - a}{1,2 \cdot h_{ц}} \quad (13.30)$$

Предельный угол наклона косоугора:

$$tg\alpha = \frac{l_{ц}}{1,2 \cdot h_{ц}} \quad (13.31)$$

### 13.7. Вопросы для самоподготовки.

1. Какие грунты лучше всего разрабатывать скреперами?
2. По каким признакам классифицируют скреперы?
3. Какие детали и узлы входят в конструкцию любого скрепера?
4. Для чего хоботу скрепера придают форму арки?
5. Для чего нужен масляно-азотный компенсатор в сцепном устройстве?

6. Перечислите расчётные случаи, используемые при проверке скреперного оборудования на прочность.
7. Из каких составляющих складывается рабочий цикл скрепера?
8. Какими способами может осуществляться загрузка ковша?
9. Как может осуществляться разгрузка ковша.
10. Приведите классификацию скреперов.

#### **14. Расчет рыхлителя**

Рыхлители служат для рыхления мерзлых грунтов и пород, которые не могут разрабатываться обычными машинами для земляных работ, экскаваторами, бульдозерами, скреперами.

Общий расчет рыхлителя состоит из выбора исходных для расчета параметров и предварительного установления размеров и массы, определения основной рабочей нагрузки (расчетных сил сопротивления рыхлению), тягового расчета, вычисления необходимой мощности тягача, определения производительности, проверки устойчивости.

Предварительное определение размеров и масс машины производится на основании анализа характеристик машин-аналогов, справочных данных, эмпирических формул, опыта проектирования рыхлителей с учетом их дальнейшего развития.



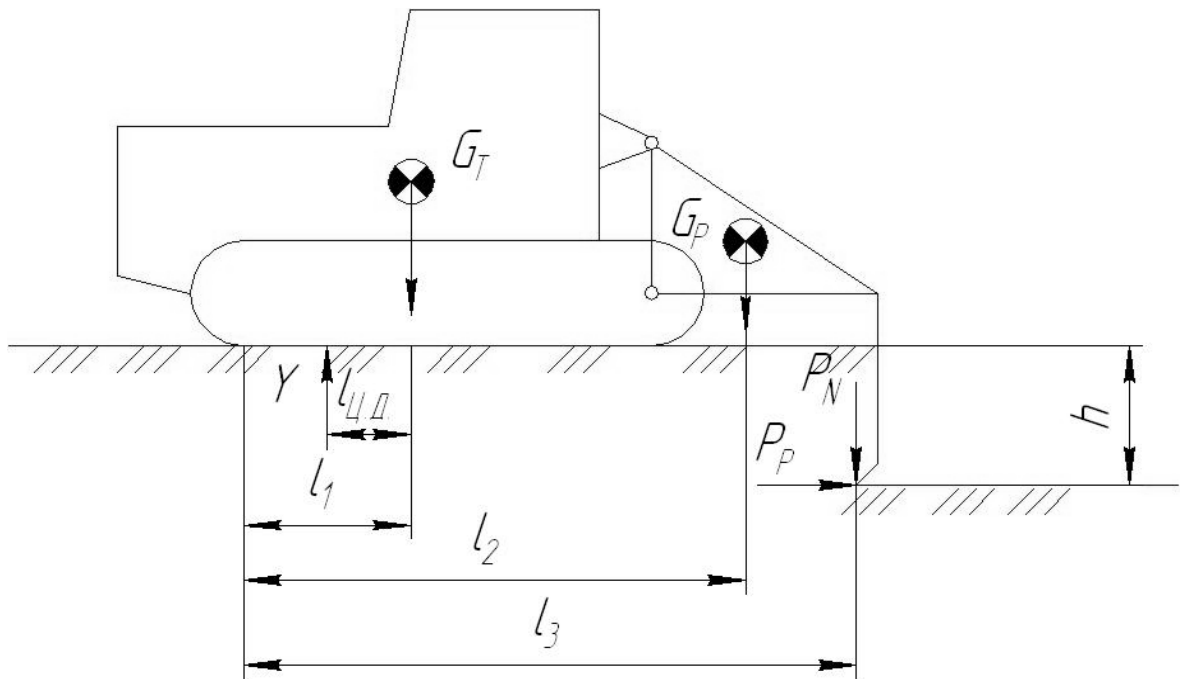


Рис. 14.1 Схема для расчета рыхлителя.

Определение максимальных сил заглобления и выглобления рыхлителя:

$$P_3 = \frac{G_T \cdot l_1 + G_P \cdot l_2}{l_3} \quad (14.1)$$

где:  $G_T$  – вес базового трактора, Н;  $G_P$  – вес рабочего оборудования, Н;  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $l_3$  – плечи сил тяжести трактора, рабочего оборудования и силы заглобления или выглобления, м.

Условие внедрения зуба в породу:

$$P_3 \geq F \cdot K_{KP} \cdot \sigma_0 \quad (14.2)$$

где:  $F$  – площадь сечения зуба рыхлителя,  $m^2$ ;  $K_{KP}$  – коэффициент критического напряжения грунта;  $\sigma_0$  – напряжение разрушения грунта, МПа.

Среднемаксимальные касательные силы резания:

$$P = 10 \cdot C \cdot h_p^{1,35} \cdot (1 + 0,1 \cdot b) \cdot \left(1 - \frac{90^\circ - \alpha}{180^\circ}\right) \cdot \beta_0 \cdot \mu \cdot \Delta \cdot z \quad (14.3)$$

где:  $C$  – число ударов динамического плотномера ДорНИИ;  $h_p$  – глубина рыхления, м;  $b$  – ширина профиля зуба, м;  $\alpha$  – угол резания, град;  $\beta_0$  – коэффициент, зависящий от угла заострения зуба;  $\mu$  – коэффициент, учитывающий вид резания; при блокированном резании  $\mu = 1$ ; при

полублокированном 0,75; при свободном 0,5 – для вертикальных ножей;  $\Delta$  – коэффициент, учитывающий степень затупления зуба;  $\Delta = 0,85 \dots 2,1$ ;  $z$  – коэффициент, учитывающий влияние зубьев на режущем профиле;  $z = 0,70 \dots 0,88$ .

#### 14.1. Тяговый расчет

Определение силы тяги, необходимой для преодоления суммарного сопротивления:

$$W_1 = P_P + (G_P \pm P_N) \cdot (f + i) \quad (14.4)$$

где:  $P_P$  и  $P_N$  – касательная и нормальная силы сопротивления грунта резанию, Н;  $f$  – коэффициент сопротивления движению рыхлителя;  $i$  – уклон площадки.

Расчет выполняется для двух состояний режущей части зуба рыхлителя: острых и предельно изношенных. Большее из полученных значений должно быть меньше номинального тягового усилия рыхлителя по условию сцепления.

Тяговое усилие:

$$P_{СЦ} = G_{СЦ} \cdot \phi \cdot K_B \quad (14.5)$$

где:  $G_{СЦ}$  – сцепной вес рыхлителя, Н;  $\phi$  – коэффициент сцепления;  $K_B$  – коэффициент использования веса по сцеплению,  $K_B = 0,5 \dots 0,9$ .

Условие работоспособности рыхлителя по сцеплению:

$$W_1 \leq P_{СЦ} \quad (14.6)$$

#### 14.2. Производительность рыхлителя

Техническая производительность:

$$П_T = \frac{B \cdot h_P \cdot L \cdot K_G}{\frac{L}{v} + t_{П}} \quad (14.7)$$

где:  $B$  – ширина рыхления, м;  $h_P$  – глубина рыхления, м;  $L$  – длина участка, м;  $K_G$  – коэффициент влияния грунта;  $v$  – рабочая скорость рыхлителя, м/ч;  $t_{П}$  – время, затрачиваемое на маневрирование, ч.

Эксплуатационная производительность:

$$П_{Э} = П_{Т} \cdot K_{В} \quad (14.8)$$

где:  $K_{В}$  – коэффициент использования машины по времени.

### 14.3 Устойчивость рыхлителя.

Устойчивость рыхлителя в рабочем положении обеспечивается при соблюдении условия:

$$l_{Ц.д.} = \frac{P_{р} \cdot h - P_{Н} \cdot l_3}{Y} < l_1 \quad (14.9)$$

где  $Y$  – результирующая вертикальных реакций на рыхлитель,  $H$ .

### 14.4. Вопросы для самоподготовки.

1. По каким признакам классифицируют рыхлители?
2. Перечислите типы рыхлительного оборудования.
3. Опишите конструкцию рыхлящего зуба.
4. Перечислите схемы и описания расчётных положений.
5. Из каких операций складывается рабочий цикл рыхлителя?
6. Какие машины осуществляют глубокое рыхление почвы?
7. Что такое подплужная подошва?
8. Для каких целей осуществляется рыхление грунтов?
9. Чем характеризуется качество рыхления?
10. Как можно избежать перемешивания почвенных слоев?

## 15. Вопросы к тесту по теме: Конструкции технических средств природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях

### Вариант 1

1. По режиму работы машины природообустройства могут быть:
  - а) циклического действия
  - б) непрерывного действия
  - в) любые, из перечисленных выше

2. К машинам природообустройства циклического действия относят:

- а) бульдозеры, одноковшовые экскаваторы
- б) многоковшовые экскаваторы, оборудование для гидромеханической разработки грунтов
- в) все машины, перечисленные выше

3. К машинам природообустройства непрерывного действия относят:

- а) бульдозеры, одноковшовые экскаваторы
- б) многоковшовые экскаваторы, оборудование для гидромеханической разработки грунтов
- в) все машины, перечисленные выше

4. По степени подвижности машины природообустройства могут быть:

- а) передвижными самоходными
- б) полустационарными
- в) прицепными
- г) любыми, из перечисленных выше

5. К прицепным машинам природообустройства относят:

- а) некоторые виды катков и скреперов
- б) грейдеры и бульдозеры
- в) экскаваторы
- г) все машины, перечисленные выше

6. К самоходным машинам природообустройства относят:

- а) некоторые виды катков и скреперов
- б) грейдеры и бульдозеры
- в) экскаваторы
- г) все машины, перечисленные выше

7. Параметрами режущего клина землеройного рабочего органа являются:

- а) угол заострения
- б) угол резания
- в) задний угол
- г) все углы, перечисленные выше

8. С увеличением толщины среза для одного и того же грунта усилия на рабочем органе:

- а) растут медленнее площади поперечного сечения выемки до определенного предела
- б) растут пропорционально площади поперечного сечения выемки
- в) уменьшаются обратно пропорционально площади поперечного сечения выемки
- г) не изменяются

9. Для снижения энергоемкости разработки грунта толщину среза необходимо поддерживать на уровне:

- а) ее минимального значения
- б) ее критического значения
- в) ее максимального значения
- г) толщина среза на энергоемкость процесса влияния не оказывает

10. Энергоемкость разработки грунта по гребням:

- а) ниже, чем при разработке по впадинам
- б) выше, чем при разработке по впадинам
- в) такая же, как и при разработке по впадинам

## **Вариант 2**

1. Касательная составляющая сопротивления грунта копанию зависит от:

- а) удельного сопротивления грунта копанию
- б) ширины стружки
- в) толщины стружки
- г) всех параметров, перечисленных выше

2. Нормальная составляющая сопротивления грунта копанию зависит от:

- а) коэффициента пропорциональности и касательной составляющей
- б) глубины копания
- в) толщины среза
- г) всех параметров, перечисленных выше

3. Кусторезы применяют для расчистки площадей от:

- а) кустарника
- б) кустарника и мелких деревьев
- в) мелких и крупных деревьев
- г) кустарника, мелких и крупных деревьев

4. Рабочий орган кустореза представляет собой:

- а) отвал клинообразной формы
- б) отвал с зубьями в нижней части
- в) бульдозерный отвал

5. Корчеватели применяют для:

- а) корчевки пней
- б) расчистки участков от крупных камней и сваленных деревьев
- в) рыхления плотных грунтов
- г) всех работ, перечисленных выше

6. Рабочий орган корчевателя представляет собой:

- а) отвал клинообразной формы
- б) отвал с зубьями в нижней части
- в) бульдозерный отвал

7. Эффективность работы основных рыхлителей зависит от:

- а) тягово-сцепных свойств базового трактора
- б) количества зубьев рабочего органа
- в) массы рыхлительного оборудования
- г) от всех факторов, перечисленных выше

8. Под эффективной глубиной рыхления понимают:

- а) толщину разрушенного слоя грунта до вершин гребешков ненарушенного массива
- б) максимальную глубину впадины
- в) глубину погружения зуба

9. Рабочий процесс землеройно-транспортных машин циклического действия состоит из операций:

- а) отделения грунта от массива и его транспортирования к месту отсыпки
- б) транспортирования грунта к месту отсыпки и разгрузки
- в) транспортирования грунта к месту отсыпки с последующей разгрузкой и возвратом машины на исходную позицию
- г) всех операций, перечисленных выше

10. К землеройно-транспортным машинам, оборудованным отвальным рабочим органом относят:

- а) бульдозеры
- б) скреперы
- в) автогрейдеры

г) все перечисленные выше, кроме скреперов

### Вариант 3

1. К землеройно-транспортным машинам, оборудованным ковшовым рабочим органом относят:

а) бульдозеры

б) скреперы

в) автогрейдеры

г) все перечисленные выше, кроме скреперов

2. В формуле расчета технической производительности бульдозера при разработке выемок величина  $V_{np}$  обозначает:

а) скорость передвижения

б) объем грунта в призме волочения

в) коэффициент разрыхления грунта

г) коэффициент пропорциональности

3. В формуле расчета сопротивления перемещению призмы волочения перед заслонкой скрепера величиной  $f$  обозначен:

а) коэффициент трения грунта

б) коэффициент высоты призмы волочения

в) тангенс угла уклона пути

г) геометрический размер ковша

4. При колесной формуле автогрейдера 1 х 2 х 3 в формуле расчета сцепления ведущих колес с грунтом учитывается:

а) вес всей машины

б) 70 – 75% веса машины

в) 50 – 60 % веса машины



г) 80 – 90 % веса машин

5. Грузоподъемность вилочных погрузчиков общего назначения, используемых в строительстве может составлять:

- а) 1 – 3 т
- б) 2 – 4 т
- в) 3,2 – 5 т
- г) 1 – 7 т

6. Управление вилочным автопогрузчиком осуществляется с помощью:

- а) поворотных передних колес
- б) поворотных задних колес
- в) правого и левого фрикциона
- г) поворотной передней и задней оси

7. Краны-манипуляторы монтируют на:

- а) автомобильном шасси
- б) тракторном шасси
- в) специальном шасси
- г) на любом, из перечисленных выше

8. Одноковшовые погрузчики являются машинами:

- а) циклического действия
- б) непрерывного действия
- в) могут быть любыми, их перечисленных выше

9. Основным параметром одноковшовых погрузчиков является:

- а) грузоподъемность
- б) высота разгрузки
- в) мощность двигателя

г) тяговое усилие

10. Погрузочные машины непрерывного действия состоят из:

- а) питателя и транспортирующего устройства
- б) транспортирующего устройства и ходовой части
- в) питателя, транспортирующего устройства и ходовой части

#### **Вариант 4**

1. Что такое экскаватор?

- а) самоходные землеройные машины с ковшовым рабочим оборудованием, предназначенные для разработки грунтов и горных пород с перемещением их на сравнительно небольшие расстояния в отвал или в транспортные средства
- б) самоходная землеройно-транспортная машина в виде гусеничного трактора или колесного тягача с навешенным на него с помощью рамы или брусьев рабочим органом – отвалом
- в) землеройно-транспортная машина циклического действия, предназначенная для послойного вырезания грунта с набором его в ковш, транспортирования набранного грунта и отсыпки его слоями или в отвал с частичным уплотнением ходовыми колесами или гусеницами
- г) самоходная многофункциональная планировочно-профилировочная машина, основным рабочим органом которой служит полноповоротный грейдерный отвал с ножами, размещенный между передним и задним мостами пневмоколесного ходового оборудования
- д) сменное навесное оборудование гусеничных тракторов или пневмоколесных тягачей, служащее для корчевки пней, расчистки земельных участков от корней и крупных камней, уборки лесных участков от сваленных деревьев и кустарника после прохода кустореза

2. Как в зависимости от способа подвески рабочего оборудования

классифицируют одноковшовые экскаваторы?

- а) с жесткой или гибкой подвеской
- б) непрерывного действия и циклические
- в) с канатным или гидравлическим оборудованием
- г) универсальные и не универсальные
- д) строительные, карьерные, вскрышные и специальные

3. Сколько видов рабочего оборудования имеет специальный одноковшовый экскаватор?

- а) только один вид
- б) более трех видов
- в) два – три вида
- г) много видов
- д) мало видов

4. Сколько видов рабочего оборудования имеет полу-универсальный одноковшовый экскаватор?

- а) два – три вида
- б) более трех видов
- в) только один вид
- г) много видов
- д) мало видов

5. Сколько видов рабочего оборудования имеет универсальный одноковшовый экскаватор?

- а) более трех видов
- б) два – три вида
- в) только один вид
- г) много видов

д) мало видов

6. Что является главным параметром для одноковшового экскаватора?

а) эксплуатационная масса

б) тяговое усилие

в) производительность

г) грузоподъемность

д) объем ковша

7. Дан индекс экскаватора ЭО-3122В. Какая размерная группа у этого экскаватора?

а) 3

б) 1

в) 2

г) 4

д) 5

8. Что такое прямая лопата?

а) ковш экскаватора, используемый для копания грунта выше уровня стоянки экскаватора

б) оборудование для выполнения погрузочно-разгрузочных и строительно-монтажных работ

в) оборудование для рытья глубоких котлованов (колодцев) в малосвязных грунтах и для перегрузки сыпучих материалов

г) ковш экскаватора с гибкой подвеской, используемый для копания грунта ниже опорной поверхности самого экскаватора

д) ковш экскаватора, используемый для копания грунта ниже опорной поверхности самого экскаватора

9. Что такое обратная лопата?

- а) ковш экскаватора, используемый для копания грунта ниже опорной поверхности самого экскаватора
- б) оборудование для выполнения погрузочно-разгрузочных и строительно-монтажных работ
- в) оборудование для рытья глубоких котлованов (колодцев) в малосвязных грунтах и для перегрузки сыпучих материалов
- г) ковш экскаватора с гибкой подвеской, используемый для копания грунта ниже опорной поверхности самого экскаватора
- д) ковш экскаватора, используемый для копания грунта выше уровня стоянки экскаватора

10. Что такое драглайн?

- а) ковш экскаватора с гибкой подвеской, используемый для копания грунта ниже опорной поверхности самого экскаватора
- б) оборудование для выполнения погрузочно-разгрузочных и строительно-монтажных работ
- в) оборудование для рытья глубоких котлованов (колодцев) в малосвязных грунтах и для перегрузки сыпучих материалов
- г) ковш экскаватора, используемый для копания грунта выше уровня стоянки экскаватора
- д) ковш экскаватора, используемый для копания грунта ниже опорной поверхности самого экскаватора

### **Вариант 5**

1. Основным параметром экскаватора одноковшового является:

- а) масса
- б) производительность
- в) емкость ковша
- г) скорость передвижения

2. Что такое грейфер?

- а) оборудование для рытья глубоких котлованов (колодцев) в малосвязных грунтах и для перегрузки сыпучих материалов
- б) оборудование для выполнения погрузочно-разгрузочных и строительно-монтажных работ
- в) ковш экскаватора с гибкой подвеской, используемый для копания грунта ниже опорной поверхности самого экскаватора
- г) ковш экскаватора, используемый для копания грунта выше уровня стоянки экскаватора
- д) ковш экскаватора, используемый для копания грунта ниже опорной поверхности самого экскаватора.

3. Удельная энергоёмкость роторных карьерных экскаваторов составляет:

- а) 0,1 – 0,15 кВтч/м<sup>3</sup>
- б) 0,15 – 0,3 кВтч/м<sup>3</sup>
- в) 0,2 – 0,4 кВтч/м<sup>3</sup>
- г) 0,22 – 0,24 кВтч/м<sup>3</sup>

4. Копание роторным карьерным экскаватором можно осуществлять:

- а) выше уровня стоянки экскаватора
- б) ниже уровня стоянки экскаватора
- в) выше или ниже уровня стоянки экскаватора

5. Ковшовая рама цепного карьерного экскаватора состоит из:

- а) двух шарнирно сочлененных участков
- б) трех шарнирно сочлененных участков
- в) четырех шарнирно сочлененных участков
- г) пяти шарнирно сочлененных участков

6. Удельная энергоёмкость цепных карьерных экскаваторов составляет:

- а) 0,1 – 0,15 кВтч/м<sup>3</sup>
- б) 0,39 – 1,33 кВтч/м<sup>3</sup>
- в) 0,2 – 0,4 кВтч/м<sup>3</sup>
- г) 0,22 – 0,24 кВтч/м<sup>3</sup>

7. Величина  $z$  в формуле расчета производительности роторного карьерного экскаватора:

- а) частота вращения ротора
- б) число ковшей на роторе
- в) коэффициент разрыхления грунта
- г) вместимость ковша

8. Величина  $q$  в формуле расчета производительности цепного карьерного экскаватора:

- а) шаг установки ковшей
- б) вместимость ковша
- в) коэффициент разрыхления грунта
- г) скорость перемещения цепи

9. Прогнозирующее диагностирование строительных и дорожных машин базируется на методе:

- а) статистическом
- б) граничных испытаний
- в) инструментальном
- г) любом, из перечисленных выше

10. Коричневый или черный цвет выхлопных газов свидетельствует о:

- а) низкой компрессии из-за износа цилиндра-поршневой группы
- б) закоксовывании поршневых колец

- в) переобогащенной смеси
- г) увеличении зазоров в сопряжениях поршневой группы

### **Вариант 6**

1. Как классифицируются машины по режиму рабочего процесса?
  - а) циклического и непрерывного действия
  - б) работающие от собственного двигателя внутреннего сгорания и от внешних источников
  - в) стационарные и передвижные
  - г) главные, основные и вспомогательные
  - д) гусеничные, пневмоколесные, рельсоколесные и специальные
  
2. Как классифицируются машины по роду используемой энергии?
  - а) работающие от собственного двигателя внутреннего сгорания и от внешних источников
  - б) циклического и непрерывного действия
  - в) стационарные и передвижные
  - г) главные, основные и вспомогательные
  - д) гусеничные, пневмоколесные, рельсоколесные и специальные
  
3. Как классифицируются машины по способности передвигаться?
  - а) стационарные и передвижные
  - б) циклического и непрерывного действия
  - в) работающие от собственного двигателя внутреннего сгорания и от внешних источников
  - г) главные, основные и вспомогательные
  - д) гусеничные, пневмоколесные, рельсоколесные и специальные
  
4. Как классифицируются машины по типу ходовых устройств?
  - а) гусеничные, пневмоколесные, рельсоколесные и специальные



- б) циклического и непрерывного действия
- в) работающие от собственного двигателя внутреннего сгорания и от внешних источников
- г) стационарные и передвижные
- д) главные, основные и вспомогательные

5. Что из нижеперечисленного является обязательными составными частями любой технологической, транспортирующей и грузоподъемной машины: 1 – привод, состоящий из силовой установки; 2 – передаточные устройства (трансмиссия); 3 – система управления; 4 – один или несколько рабочих органов; 5 – рама (несущие конструкции); 6 – ходовое устройство, соединенное с рамой машины, называемой в ряде случаев шасси?

- а) 1, 2, 3 и 4
- б) 1, 2, 3, 4 и 5
- в) 1 и 2
- г) 1, 2 и 3
- д) 1, 2, 3, 4, 5 и 6

6. Для чего служит система управления?

- а) для включения в действие машины и ее отдельных механизмов, включая силовую установку, а также для их остановки
- б) для включения в действие машины
- в) для включения в действие отдельных механизмов
- г) для остановки машины
- д) для остановки отдельных механизмов

7. Что такое производительность?

- а) важнейшая выходная характеристика строительной машины
- б) важнейшая входная характеристика строительной машины
- в) одна из главных входных характеристик строительной машины

- г) одна из главных выходных характеристик строительной машины
- д) второстепенная выходная характеристика строительной машины

8. Как определяют производительность?

- а) количеством продукции, произведенной машиной в единицу времени
- б) количеством времени, затраченного машиной в единицу продукции
- в) количеством человеко-часов работы машины в единицу времени
- г) количеством мото-часов работы машины в единицу времени
- д) ресурсом машины в единицу времени

9. Какие виды производительности Вам известны?

- а) расчетная, техническая и эксплуатационная
- б) расчетная, теоретическая и конструктивная
- в) расчетная, конструктивная и техническая
- г) конструктивная, техническая и эксплуатационная
- д) теоретическая, конструктивная и эксплуатационная

10. Что понимают под расчетной (теоретической, конструктивной) производительностью?

- а) производительность за 1 ч непрерывной работы при расчетных скоростях рабочих движений, расчетных нагрузках на рабочем органе и расчетных условиях работы
- б) производительность за 1 ч непрерывной работы при расчетных скоростях рабочих движений, расчетных нагрузках на рабочем органе с учетом ее простоев и неполного использования ее технологических возможностей
- в) максимально возможную в данных производственных условиях производительность с учетом ее простоев и неполного использования ее технологических возможностей

г) фактическую производительность машины в данных производственных условиях с учетом ее простоев и неполного использования ее технологических возможностей

д) максимально возможную в данных производственных условиях производительность при непрерывной работе машины

## **Вариант 7**

1. Землеройные машины предназначены для:

а) отделения грунта от массива

б) отделения грунта от массива и перемещения его

в) расчистки территории, на которой должны производиться земляные работы, от кустарника, валунов, пней, предварительного рыхления грунтов повышенной плотности

г) уплотнения предварительно разработанного грунта для придания грунту в сооружении достаточной плотности и прочности

д) подъема и перемещения груза

2. Землеройно-транспортные машины предназначены для:

а) отделения грунта от массива и перемещения его

б) отделения грунта от массива

в) расчистки территории, на которой должны производиться земляные работы, от кустарника, валунов, пней, предварительного рыхления грунтов повышенной плотности

г) уплотнения предварительно разработанного грунта для придания грунту в сооружении достаточной плотности и прочности

д) подъема и перемещения груза

3. Машины для подготовительных и вспомогательных земляных работ предназначены для...

- а) расчистки территории, на которой должны производиться земляные работы, от кустарника, валунов, пней, предварительного рыхления грунтов повышенной плотности
- б) отделения грунта от массива;
- в) отделения грунта от массива и перемещения его;
- г) уплотнения предварительно разработанного грунта для придания грунту в сооружении достаточной плотности и прочности
- д) подъема и перемещения груза

4. Машины для уплотнения грунтов предназначаются для:

- а) уплотнения предварительно разработанного грунта для придания грунту в сооружении достаточной плотности и прочности
- б) отделения грунта от массива
- в) отделения грунта от массива и перемещения его
- г) расчистки территории, на которой должны производиться земляные работы, от кустарника, валунов, пней, предварительного рыхления грунтов повышенной плотности
- д) подъема и перемещения груза

5. Что такое бульдозер?

- а) самоходная землеройно-транспортная машина в виде гусеничного трактора или колесного тягача с навешенным на него с помощью рамы или брусьев рабочим органом – отвалом
- б) землеройно-транспортная машина циклического действия, предназначенная для послойного вырезания грунта с набором его в ковш, транспортирования набранного грунта и отсыпки его слоями или в отвал с частичным уплотнением ходовыми колесами или гусеницами
- в) самоходная многофункциональная планировочно-профилировочная машина, основным рабочим органом которой служит полноповоротный

грейдерный отвал с ножами, размещенный между передним и задним мостами пневмоколесного ходового оборудования

- г) сменное навесное оборудование гусеничных тракторов или пневмоколесных тягачей, служащее для корчевки пней, расчистки земельных участков от корней и крупных камней, уборки лесных участков от сваленных деревьев и кустарника после прохода кустореза;
- д) самоходные землеройные машины с ковшовым рабочим оборудованием, предназначенные для разработки грунтов и горных пород с перемещением их на сравнительно небольшие расстояния в отвал или в транспортные средства

6. Какие типы отвалов бульдозеров применяются в зависимости от условий работы?

- а) прямой, универсальный, сферический, с рыхлящими боковыми зубьями, совковый, короткий прямой
- б) ножевые и безножевые
- в) поворотный, прямой, универсальный, сферический
- г) неповоротный, совковый, с рыхлящими боковыми зубьями
- д) поворотные, неповоротные и универсальные

7. Что является главным параметром для бульдозеров?

- а) номинальное тяговое усилие
- б) грузоподъемность
- в) объем ковша
- г) производительность
- д) виброусилие

8. Что такое скрепер?

- а) землеройно-транспортная машина циклического действия, предназначенная для послойного вырезания грунта с набором его в ковш,

транспортирования набранного грунта и отсыпки его слоями или в отвал с частичным уплотнением ходовыми колесами или гусеницами

б) самоходная землеройно-транспортная машина в виде гусеничного трактора или колесного тягача с навешенным на него с помощью рамы или брусьев рабочим органом – отвалом

в) самоходная многофункциональная планировочно-профилировочная машина, основным рабочим органом которой служит полноповоротный грейдерный отвал с ножами, размещенный между передним и задним мостами пневмоколесного ходового оборудования

г) сменное навесное оборудование гусеничных тракторов или пневмоколесных тягачей, служащее для корчевки пней, расчистки земельных участков от корней и крупных камней, уборки лесных участков от сваленных деревьев и кустарника после прохода кустореза

д) самоходные землеройные машины с ковшовым рабочим оборудованием, предназначенные для разработки грунтов и горных пород с перемещением их на сравнительно небольшие расстояния в отвал или в транспортные средства

9. Что является главным параметром для скрепера?

а) геометрическая вместимость (объем) ковша

б) номинальное тяговое усилие

в) грузоподъемность

г) мощность двигателя

д) производительность

10. Как классифицируются скреперы по способу загрузки ковша?

а) с пассивной и с принудительной

б) малые, средние, большие

в) прицепные, полуприцепные самоходные

г) свободные, полупринудительные и принудительные

д) рамные и безрамные

## **Вариант 8**

1. Что такое автогрейдер?

а) самоходная многофункциональная планировочно-профилировочная машина, основным рабочим органом которой служит полноповоротный грейдерный отвал с ножами, размещенный между передним и задним мостами пневмоколесного ходового оборудования

б) самоходная землеройно-транспортная машина в виде гусеничного трактора или колесного тягача с навешенным на него с помощью рамы или брусьев рабочим органом – отвалом

в) землеройно-транспортная машина циклического действия, предназначенная для послойного вырезания грунта с набором его в ковш, транспортирования набранного грунта и отсыпки его слоями или в отвал с частичным уплотнением ходовыми колесами или гусеницами

г) сменное навесное оборудование гусеничных тракторов или пневмоколесных тягачей, служащее для корчевки пней, расчистки земельных участков от корней и крупных камней, уборки лесных участков от сваленных деревьев и кустарника после прохода кустореза

д) самоходные землеройные машины с ковшовым рабочим оборудованием, предназначенные для разработки грунтов и горных пород с перемещением их на сравнительно небольшие расстояния в отвал или в транспортные средства

2. На какие группы классифицируются автогрейдеры по мощности и весу?

а) легкие, средние, полутяжелые и тяжелые

б) с двумя и тремя осями

в) легкие, средние и тяжелые

г) с гидравлической, редукторной и комбинированной системой

д) с полноповоротным и неполноповоротным отвалом

3. Что является принципиальной особенностью грейдер-элеватора?

а) грунт, отделяемый от массива, попадает на транспортирующее устройство – конвейер, при помощи которого он подается в транспортные средство или в отвал

б) грунт, отделяемый от массива, непосредственно попадает в транспортное средство

в) грунт, отделяемый от массива, непосредственно попадает в отвал

г) грунт, отделяемый от массива, непосредственно попадает в ковш

д) грунт, отделяемый от массива, непосредственно попадает в кювет

4. Как разделяются грейдер-элеваторы по расположению конвейера?

а) на машины с поперечным или диагональным расположением конвейера, с одним или двумя поворотными конвейерами и машины с грунтометателем

б) на машины с дисковыми ножами, которые могут быть поворотными или неповоротными, с прямыми ножами и с криволинейными (струги)

в) на машины с двумя и тремя осями

г) на машины с полноповоротным и неполноповоротным отвалом

д) на машины легкие, средние, полутяжелые и тяжелые

5. Грунты какой категории грейдер-элеваторы разрабатывают без предварительного рыхления?

а) I – III

б) I

в) II

г) III

д) IV



6. Для чего служат кусторезы?

- а) для расчистки территорий от кустарников и мелколесья при строительстве дорог и аэродромов, прокладке просек, подготовке строительных площадок, а также при проведении мелиоративных работ
- б) для разработки грунта
- в) для рыхления мерзлых грунтов, трещиноватых горных пород, плотных глин, цементированного гравия, песчаника, слежавшегося строительного мусора
- г) для корчевки пней, расчистки земельных участков от корней и крупных камней, уборки лесных участков от сваленных деревьев и кустарника после прохода кустореза
- д) для удаления деревьев на расчищаемых участках

7. Для чего служат древовалы?

- а) для удаления деревьев на расчищаемых участках
- б) для разработки грунта
- в) для рыхления мерзлых грунтов, трещиноватых горных пород, плотных глин, цементированного гравия, песчаника, слежавшегося строительного мусора
- г) для корчевки пней, расчистки земельных участков от корней и крупных камней, уборки лесных участков от сваленных деревьев и кустарника после прохода кустореза
- д) для расчистки территорий от кустарников и мелколесья при строительстве дорог и аэродромов, прокладке просек, подготовке строительных площадок, а также при проведении мелиоративных работ

8. Для чего служат корчеватели?

- а) для корчевки пней, расчистки земельных участков от корней и крупных камней, уборки лесных участков от сваленных деревьев и кустарника после прохода кустореза

- б) для разработки грунта
- в) для рыхления мерзлых грунтов, трещиноватых горных пород, плотных глин, цементированного гравия, песчаника, строительного мусора
- г) для удаления деревьев на расчищаемых участках
- д) для расчистки территорий от кустарников и мелколесья при строительстве дорог и аэродромов, прокладке просек, подготовке строительных площадок, а также при проведении мелиоративных работ

9. В чем отличие корчевателей-собирателей от корчевателей?

- а) имеет прямоугольную корчующую решетчатую раму, обеспечивающую перемещение выкорчеванных пней и кустов
- б) имеют узкие отвалы с 3...5 зубьями
- в) имеют широкие отвалы с 7...10 зубьями
- г) клинообразный отвал, к нижним кромкам которого прикреплены горизонтальные режущие ножи
- д) отличий нет

10. Для чего служат рыхлители?

- а) для рыхления мерзлых грунтов, трещиноватых горных пород, плотных глин, цементированного гравия, песчаника, слежавшегося строительного мусора
- б) для разработки грунта
- в) для корчевки пней, расчистки земельных участков от корней и крупных камней, уборки лесных участков от сваленных деревьев и кустарника после прохода кустореза
- г) для удаления деревьев на расчищаемых участках
- д) для расчистки территорий от кустарников и мелколесья при строительстве дорог и аэродромов, прокладке просек, подготовке строительных площадок, а также при проведении мелиоративных работ

## 16. Библиографический список.

1. Доценко, А.И. Строительные машины и оборудование: Учебник для строительных вузов / А.И. Доценко, В.Г. Дронов. – М.: ИНФА – М. 2014. – 533 с.
2. Суриков, В.В. Строительные машины и оборудование для механизации мелиоративных работ. /В.В. Суриков [и др.].-М.: Агропромиздат, 1991.- 463 с.
3. Ревин, Ю.Г. Наземные транспортно-технологические комплексы природообустройства/ Ю.Г. Ревин и др. -М.: РГАУ-МСХА, 2016. 230с.
4. Практикум по мелиоративным машинам. Учебное пособие/ под ред. Ю.Г.Ревина –М. Колос.1995 г., 208с.
5. Поддубный, В.И. Машины и оборудование для свайных работ. Учебное пособие/ В.И. Поддубный, Н.К. Теловов, М.: РГАУ-МСХА, 2016, 75с.
6. Крикун, В.Я. Строительные машины и оборудование/ В.Я. Крикун М.: Ассоциация строительных вузов. 2006, 232 с.
7. Поддубный, В.И. Расчет основных параметров скреперов / В.И. Поддубный, Н.К. Теловов. Учебное пособие, М.: МГУП, 2009, 56с.
8. Поддубный, В.И. Машины и средства гидромеханизации в водохозяйственном строительстве/ В.И. Поддубный, Н.Б. Мартынова, Н.А. Палкин.- М.: МЭСХ, 2019, 84 с.
9. Поддубный, В.И. Теория, расчет и потребительские свойства технологических машин. Методические указания/ В.И. Поддубный, М.: РГАУ-МСХА, 2017, 29с.
10. Поддубный. В.И. Изучение конструкций и проведение практических занятий по экскаватору ЭО-2621 ВЗ. Методические указания / В.И. Поддубный, М.: РГАУ-МСХА, 2016, 31с.

*Учебное издание*

Составитель:

**МАРТЫНОВА Наталья Борисовна**

**РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН  
ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА**  
*Учебно-методическое пособие*

Корректурa и стиль автора сохранены

Издательство «Перо»  
109052, Москва, Нижегородская ул., д. 29-33, стр. 27, ком. 105  
Тел.: (495) 973-72-28, 665-34-36  
[www.pero-print.ru](http://www.pero-print.ru) e-mail: [info@pero-print.ru](mailto:info@pero-print.ru)  
Подписано в печать 08.09.2020. формат 60×90/16  
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 5,75. Тираж 100 экз. Заказ 617.  
Отпечатано в ООО «Издательство «Перо»