

Министерство путей сообщения Российской Федерации
Департамент кадров и учебных заведений

Самарский институт инженеров железнодорожного транспорта

Кафедра строительных, дорожных машин и технологии машиностроения

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ

Методические указания

для выполнения контрольной работы
студентов 5 курса заочного факультета
специальности 170900- “Подъемно-транспортные, дорожные, строительные машины и
оборудование”

Составители: Сосевич З.Н.
Самохвалов В. Н.

САМАРА 2000

Строительные машины. Методические указания для выполнения контрольных работ / З.Н. Сосевич, В.Н. Самохвалов. – Самарский институт инженеров железнодорожного транспорта, 2000.- 20с.

Утверждены на заседании кафедры СДМ и ТМ 03.03.2000г, протокол №7.

Печатаются по решению редакционно-издательского совета института.

Методические указания содержат общий перечень требований и порядок выполнения контрольной работы по дисциплине “Строительные машины” для студентов 5 курса заочного факультета специальности 170900- “Подъемно-транспортные, дорожные, строительные машины и оборудование”. Приведены рекомендации и методика расчета и проектирования основных узлов и агрегатов экскаваторов, скреперов, автогрейдеров и бульдозеров.

Табл. 9. Библиогр.: 6 назв.

Составители: Сосевич Зинаида Николаевна.

Самохвалов Владимир Николаевич, д.т.н.

Рецензент: Коптенко В.Т., зам. начальника службы пути КБШ ж/д.

Морогов В.М., д.т.н., профессор СамИИТ

Редактор И.А. Шими́на

Подписано в печать Формат 60*84 1/16
Бумага писчая. Усл. п.л. 1,25 Тираж 100 экз. Заказ №

© Самарский институт инженеров железнодорожного транспорта

ТРЕБОВАНИЯ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ.

При выполнении контрольной работы студент вначале изучает задание, намечает общий план решения, а затем выполняет отдельные пункты задания.

Контрольная работа должна соответствовать варианту и отвечать всем требованиям задания.

Графическая часть выполняется в карандаше на стандартном листе чертежной бумаги (миллиметровке) и оформляется в соответствии с правилами черчения и требованиями ГОСТов (ЕСКД).

Все вычисления в контрольной работе производят сначала в общем, виде, обозначая все данные и искомые величины буквами, после чего вместо буквенных обозначений проставляют их числовые значения.

Решение задач, должно быть теоретически обосновано и сопровождаться краткими, но исчерпывающими пояснениями, в том числе и краткими формулировками произведенных действий. Эти действия следует располагать так, чтобы был виден логический ход изложения вопроса или решения задачи.

Числовые вычисления в окончательном варианте записываются в работу. После нахождения искомого величин проставляются их размерности. Размерности правой и левой частей равенства должны совпадать.

Все схемы, приведенные в работе, должны быть объяснены в текстовой части и наоборот – все пояснения, данные в тексте, должны иллюстрироваться схемами, эскизами, чертежами.

Контрольная работа должна быть сброшюрована, страницы и чертежи пронумерованы, аккуратно оформлена и подписана автором с указанием даты окончания работы. В конце работы приводятся перечень использованной литературы и оглавление.

Работы, выполняемые не по своему варианту и не в полном объеме, без необходимых чертежей, эскизов, расчетов и пояснений, возвращаются для доработки.

Исходные данные ко второй части даны в таблице 1. При однозначном шифре за последнюю и предпоследнюю цифры принимается 0.

Контрольную работу рекомендуется выполнять в такой последовательности:

1. Назначение и область применения землеройных машин на строительстве гражданских и промышленных сооружений.
2. Описание устройства заданной машины, вычерчивание ее принципиальной схемы с указанием основных узлов и приведение технической характеристики.
3. Описание рабочего процесса, приведение поясняющих схем с указанием способов разработки грунта.
4. Для бульдозеров – проведение тягового расчета, расчета производительности по данным задания и построение графика зависимости изменения производительности от дальности перемещения грунта.
5. Мероприятия по технике безопасности.

Таблица 1

Последняя цифра шифра	Параметры	Предпоследняя цифра шифра									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	Категория грунта	111	11	1	11	111	11	1	11	111	1
	Емкость ковша экскаватора, м ³ :										
1	Прямая лопата механ.	0,65	1,0	1,25	2,5	0,65	1,0	1,25	2,5	0,65	1
2	Прямая лопата гидравл.	0,25	0,3	0,4	0,5	0,65	0,8	1,0	1,6	2,5	0,4
3	Обратная лопата механич.	0,4	0,65	1,0	1,4	0,4	0,65	1,0	1,4	0,4	0,65
4	Обратная лопата гидравл.	0,25	0,4	0,5	0,63	0,65	1,25	1,6	2,0	2,5	0,25
5	Драглайн	0,4	0,8	1,0	1,2	1,5	3,0	0,4	0,8	1,0	1,2
6	Грейфер гидравл.	0,3	0,35	0,5	0,65	1,0	0,3	0,35	0,5	0,65	1
7	Грейфер механич.	0,65	1,0	1,5	0,65	1,0	1,5	0,65	1,0	1,5	0,65
	Емкость ковша скрепера, м ³ :										
8	Самоходного	8	15	8	15	8	15	8	15	8	15
9	Прицепного	3	4,5	7	8	3	4,5	7	8	3	4,5
0	автогрейдеры	Л	С	Т	Л	С	Т	Л	С	Т	Т
	Длина участка планирования, м	59	75	100	125	150	175	200	225	250	275

Примечание. Л - легкий, С – средний, Т – тяжелый автогрейдер.

1. ЭКСКАВАТОРЫ

1.1 Классификация и основные части экскаваторов

Экскаваторы - это землеройные машины, предназначенные для разработки грунта и его перемещения для выгрузки в транспортные средства или в отвал. Все экскаваторы подразделяются на две большие группы: непрерывного действия – многоковшовые и периодического (циклического) действия – одноковшовые.

Многоковшовые экскаваторы операции копания грунта и его перемещения выполняют одновременно, в то время как одноковшовые экскаваторы эти операции выполняют последовательно, прерывая копание на время перемещения грунта. Таким образом, рабочее время машины, в течение которого выбирают грунт, и производительность многоковшовых экскаваторов выше, чем одноковшовых. Несмотря на это, одноковшовые экскаваторы распространены шире вследствие их универсальности, т. е. возможности применять их как на земляных работах в самых тяжелых, в том числе скальных (с предварительным взрыванием) грунтах, так и на погрузочно-разгрузочных работах. Применение многоковшовых экскаваторов ограничено: в основном их используют при рытье траншей и добыче нерудных материалов в карьерах с однородным грунтом без больших каменных включений.

По способу перемещения экскаваторы бывают сухопутные и плавучие.

По конструкции ходового устройства сухопутные экскаваторы подразделяются на гусеничные, колесные и шагающие.

По типу применяемого основного (первичного) двигателя современные экскаваторы бывают дизельными и электрическими. Выбор двигателя определяется условиями, в которых будет работать экскаватор. Так, дизельные двигатели используют на экскаваторах в тех случаях, когда машина при эксплуатации сравнительно часто перемещается с места на место, например на строительстве железных и шоссейных дорог, в промышленном и гражданском строительстве нефте- и газопроводов и т. п.

На экскаваторах, работающих постоянно на одном месте, например в карьерах, выгодно применять электродвигатели, которые дешевле и проще в эксплуатации.

По приводу механизмов различают экскаваторы: одномоторные, у которых все рабочие механизмы приводятся одним или несколькими двигателями, работающими на один вал, и многомоторные, у которых рабочие механизмы приводятся несколькими двигателями, работающими независимо друг от друга. В РФ все строительные одноковшовые экскаваторы с механическим приводом в основном выпускаются одномоторными. Мномоторный привод применяется на строительных гидравлических экскаваторах с электрическим приводом.

По типу силовых передач движения от двигателя к рабочим механизмам строительные экскаваторы делятся на механические, гидравлические и электрические.

У механических экскаваторов движение передается непосредственно от первичного двигателя ко всем механизмам с помощью валов, шестерен, червячных пар, цепных и других механических передач, т.е. при помощи механической трансмиссии.

У гидравлических экскаваторов роль трансмиссии выполняют гидронасос (один или несколько), трубопроводы и гидродвигатели (гидромоторы или гидроцилиндры). В трубопроводах циркулирует рабочая жидкость, передающая энергию от насосов к гидродвигателям, которые приводят в движение рабочие механизмы.

У экскаваторов с электрическим приводом электродвигатели получают питание от внешней сети электрического тока или от автономной электростанции, установленной на экскаваторе.

Кроме перечисленных признаков классификации, экскаваторы каждой из групп отличаются друг от друга назначением, размерами и мощностью.

Одноковшовые экскаваторы по назначению делятся на строительные универсальные, предназначенные для земляных и погрузочно-разгрузочных работ в строительстве; карьерные – для работы в карьерах на разработке рудных и угольных месторождений; вскрышные – для разработки полезных ископаемых (угля, руды) открытым способом. К последней группе относятся также и шагающие экскаваторы – драглайны, используемые на горных работах, а также на строительстве крупных гидротехнических сооружений.

Кроме этих групп выпускают еще специальные экскаваторы, предназначенные для использования в определенных специфических условиях: подземные, туннельные, торфяные и др.

Одноковшовый экскаватор состоит из следующих основных частей: ходового устройства, поворотной части и рабочего оборудования.

Ходовое устройство воспринимает и передает на основание (грунт) нагрузки от массы машины и нагрузок, возникающих при работе, а также обеспечивает передвижение экскаватора.

Ходовое устройство экскаватора бывает следующих типов:

Г - гусеничное с минимально допустимой опорной поверхностью гусениц;

Гу – гусеничное уширено - удлиненное с увеличенной опорной поверхностью гусениц, предназначенное для работы на грунтах с низкой несущей способностью;

П – пневмоколесное, позволяющее увеличить мобильность экскаватора, облегчить и ускорить его переброску собственным ходом с одного строительного объекта на другой;

СШ – специальное шасси автомобильного типа, отличающееся от типа “П” тем, что кроме двигателя, установленного на поворотной части экскаватора, на шасси установлен более мощный двигатель, обеспечивающий передвижение экскаватора с большой скоростью; ходовое устройство типа “Ш” имеет прочную и низкую специальную раму, отличающуюся по конструкции от рамы шасси грузового автомобиля;

А – шасси грузового автомобиля;

Тр– тракторное (обычно используют пневмоколесные тракторы);

Поворотная часть состоит из поворотной платформы с механизмами и силовым оборудованием и рабочего оборудования. Поворотная платформа опирается через специальное роликовое опорно-поворотное устройство на раму ходового устройства и может поворачиваться относительно него в горизонтальные плоскости. Экскаваторы называют полноповоротными или неполноповоротными. Неполноповоротными изготавливают лишь небольшие экскаваторы на базе тракторов.

Рабочее оборудование – это комплекс узлов экскаватора, содержащий рабочий орган (ковш, крюк или грейфер, с помощью которого копают грунт, поднимают груз, захватывают сыпучие или кусковые материалы) и обеспечивающий его действие в зоне работы экскаватора.

Основной рабочий орган экскаватора – ковш, предназначенный для копания, удерживания при перемещении и разгрузки грунта или другого материала.

По виду конструктивного исполнения рабочего оборудования экскаваторы бывают с гибкой подвеской, жесткой и телескопической стрелой.

Строительные универсальные экскаваторы имеют обычно несколько видов рабочего оборудования (прямая и обратная лопаты, драглайн, грейфер, крановое оборудование), которое может быть использовано в зависимости от условий эксплуатации. Эти виды рабочего оборудования могут легко заменяться одно другим, поэтому они называются сменными.

Рабочий процесс одноковшового экскаватора состоит из рабочего цикла, т.е. разработки и перемещения грунта, и перемещения грунта, и передвижения экскаватора к забою, после того как с места стоянки экскаватора станет неудобно или невозможно продолжать дальнейшую разработку грунта. Во время передвижения экскаватора работа не производится, поэтому время, затрачиваемое на передвижки, следует максимально сокращать.

Рабочий цикл экскаватора состоит из следующих операций:

1. Собственно копание грунта (срезание грунта и заполнение им ковша).
2. Выведение ковша с грунтом из забоя, чтобы обеспечить возможность беспрепятственного поворота платформы.

3. Перемещение заполненного грунтом ковша к месту разгрузки, для чего поворачивают или платформу с рабочим оборудованием (у полноповоротных), или только рабочее оборудование (у неполноповоротных машин).
4. Разгрузка грунта из ковша в отвал или в транспортное средство.
5. Перемещение ковша (поворот платформы) к забою.
6. Опускание ковша для подготовки к следующей операции копания.

1.2. Система индексации

До 1986 г. в индексе отечественных экскаваторов указывались только вместимость наименьшего для данной машины ковша и порядковый номер модели. Такие индексы не давали представления ни о типе ходового устройства, ни об исполнении рабочего оборудования, что важно для характеристики машины и ее эксплуатационных возможностей.

В настоящее время индекс экскаватора состоит из четырех цифр, соответственно обозначающих: размерную группу машины, тип ходового устройства, конструктивное исполнение рабочего оборудования и порядковый номер модели данного типоразмера. Кроме того, используются дополнительные буквенные обозначения порядковой модернизации данной машины и ее климатического исполнения. После буквенного обозначения через тире ставят цифры, которые означают модификации данной базовой модели.

Например, индекс ЭО-3322АГ обозначает: экскаватор одноковшовый третьей размерной группы, на пневмоколесном ходовом устройстве, с жесткой подвеской рабочего оборудования, второй модели, прошедшей первую модернизацию, тропического исполнения; индекс ЭО-5113БХЛ – экскаватор одноковшовый универсальный пятой размерной группы, на гусеничном ходовом устройстве, с гибкой (канатной) подвеской рабочего оборудования, третьей модели, прошедшей вторую модернизацию, для районов с холодным климатом.

Одинаковое число основных цифр в индексе для экскаваторов всех типов и размеров создает удобство для машинной обработки статистических данных при планировании и учете выпускаемых машин.

1.3. Производительность экскаватора.

Различают теоретическую (конструктивную), техническую и эксплуатационную производительность экскаватора P , м³/ч.

Теоретическая производительность экскаватора определяется как произведение геометрической емкости ковша q на конструктивно возможное (расчетное) число рабочих циклов n в час:

$$P_o = q n.$$

Техническая производительность – это наибольшая возможная производительность экскаватора при непрерывной работе в данных конкретных условиях

$$P_T = q n_T K_T,$$

где n_T – наибольшее возможное число циклов в минуту при данных условиях грунта и забоя;
 K_T – коэффициент влияния грунта;

$$K_{\Gamma} = K'_p K_n,$$

K'_p – коэффициент влияния разрыхления грунта;

K_n – коэффициент наполнения ковша (табл. 2).

Коэффициент влияния разрыхления грунта зависит от степени разрыхления грунта, он обратно пропорционален коэффициенту разрыхления грунта:

$$K'_p = \frac{1}{K_p}.$$

Значения коэффициентов K_p и K'_p в зависимости от категории грунта следующие (табл.3):

Таблица 2

Минимальные значения коэффициента наполнения ковша K_H

Наименование грунта	Категория грунта	K_H	
		для лопаты	для драглайна
Песок и гравий, щебень и хорошо взорванная скала	1, V и V1	0,95 – 1,02	0,80 – 0,90
Песок и гравий влажные	1, 11	1,15 – 1,23	1,10 – 1,20
Суглинок	11	1,05 – 1,12	0,80 – 1,00
Суглинок влажный	11	1,20 – 1,32	1,15 – 1,25
Глина :			
средняя	111	1,08 – 1,18	0,98 – 1,06
влажная	111	1,30 – 1,50	1,18 – 1,28
тяжелая	1V	1,00 – 1,10	0,95 – 1,00
Влажная	1V	1,25 – 1,40	1,10 – 1,20

Таблица 3

Категория грунта	1	11	111	1V	V и V1
K_p	1,15	1,20	1,25	1,33	1,43
K'_p	0,87	0,83	0,80	0,75	0,70

Таким образом,

$$П_{\Gamma} = 60qп_{\Gamma} \frac{K_H}{K_p}.$$

Эксплуатационная производительность, в отличие от технической, учитывает использование экскаватора по времени и квалификацию машиниста, т.е. степень организации экскаваторных работ и умение машиниста владеть машиной.

Эксплуатационная производительность может быть часовой, сменной, месячной, годовой:

$$П_{\Theta} = П_{\Gamma} K_B K_M,$$

где K_B – коэффициент, учитывающий использование экскаватора по времени;

K_M – коэффициент, учитывающий квалификацию машиниста.

При определении коэффициента K_B учитывают только те задержки, которые, неизбежны при работе экскаватора: передвижки в забое, время на техническое обслуживание и т. п. При работе в транспорт $K_B = 0,7 \div 0,75$; при работе в отвал $K_B = 0,8 \div 0,93$.

Коэффициент, учитывающий квалификацию машиниста для строительных универсальных экскаваторов, принимают равным 0,86.

Рассматривая такой показатель, как n_T – наибольшее возможное число циклов в минуту ($n_T = 60/t_{\text{ц}}$), следует иметь в виду, что продолжительность цикла $t_{\text{ц}}$ зависит от множества факторов, в том числе от емкости ковша q , и составляет:

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{к}} + t_{\text{н}} + t_{\text{в}} + t_{\text{нз}},$$

где $t_{\text{к}}$ – продолжительность копания, равная 6-10 с;

$t_{\text{н}}$ – продолжительность поворота на выгрузку, равная 7 – 11с;

$t_{\text{в}}$ – продолжительность выгрузки, равная 1 – 3 с;

$t_{\text{нз}}$ – продолжительность поворота в забой, равная 7 –10 с.

Таблица 4

Область эффективного применения экскаваторов
в зависимости от сменного оборудования

Вид сменного оборудования	Емкость ковша, м ³	Область эффективного применения
Прямая лопата	0,25 - 2	Разработка котлованов, траншей с погрузкой в транспорт (в малом количестве – в отвал) при уровне грунтовых вод ниже подошвы разработки
Обратная лопата	0,25 – 1,00	Разработки траншей, котлованов с погрузкой грунта в транспорт и в отвал независимо от уровня грунтовых вод
Драглайн	0,25 - 2	Разработка котлованов глубиной до 18 м с погрузкой в транспорт и в отвал независимо от уровня грунтовых вод.
Грейфер	0,35 – 1,5	Разработка глубоких котлованов независимо от уровня грунтовых вод

Опыт работы передовых экскаваторных бригад показывает, что существует ряд дополняющих друг друга мероприятий, одновременное выполнение которых - добиваться наилучших показателей работы машины. Совмещение операций цикла, сокращение угла поворота платформы, сокращение продолжительности набора грунта, увеличение наполнения ковша, применение ковша увеличенной емкости; мероприятия организационного характера – улучшение организации подхода автомобильного транспорта к экскаватору, применение рациональных схем разработки; мероприятия по ремонту и техническому обслуживанию машин, сокращение времени простоев экскаватора.

2. СКРЕПЕРЫ

2.1. Классификация и основные части скреперов

Скреперы являются землеройно-транспортными машинами, предназначенными для послойного (горизонтальными слоями) копания грунтов, транспортирования и отсыпки их в земляные сооружения слоями заданной толщины. Кроме того, при движении по насыпи скреперы своими колесами уплотняют отсыпанные слои грунта, благодаря чему сокращается потребность в специальных грузоплотняющих машинах.

Скреперы используют для разработки разнообразных грунтов 1-111 категорий от чернозема до тяжелых глин. Очень плотные грунты предварительно разрыхляют рыхлителями.

Применение скреперов определяется дальностью возки грунта.

Прицепные скреперы в агрегате с базовыми гусеничными тракторами используют при дальности транспортирования от 100 до 800 и максимально до 1000 м. Чем больше вместимость скрепера, чем быстрее его базовый трактор, тем на большей дальности транспортирования целесообразно применять агрегат. Однако уже при дальности транспортирования 1 км прицепные скреперы уступают в рентабельности автомобилям – самосвалам, загружаемым одноковшовыми экскаваторами. Если дальность транспортирования грунта менее 100 м, выгоднее применять более простые и дешевые землеройные машины, такие как бульдозеры на базе гусеничных тракторов.

Самоходные скреперы, агрегируемые с базовыми, быстроходными колесными тягачами применяют в благоприятных условиях при дальности транспортирования от 300 до 3000 м и более. При дальности транспортирования более 3000 м по бездорожью скреперы рентабельнее самосвалов, загружаемых экскаватором.

По типу ходовой части базовой машины различают скреперы на гусеничном и колесном ходу.

По способу загрузки ковша грунтом различают скреперы с загрузкой движущим усилием, т. е. тягой базовой машины и тягача (в случае применения последнего) и скреперы с принудительной загрузкой скребковым элеватором, установленным на самом скрепере.

Таблица 5

Область эффективного применения скреперов в зависимости от дальности транспортирования и вместимости ковша

Скреперы	Вместимость ковша, м ³	Дальность перемещения грунта, м
прицепные	3 – 4,5	до 250
	6 – 7	до 350
	8 – 10	до 550
	15	до 800 – 1000
самоходные	4,5 – 8	до 1500
	10	до 2500
	15 - 25	до 3000

Увеличению производительности и эффективности работы скреперов способствует создание самоходных машин повышенной вместимости с двумя двигателями, (дополнительный двигатель служит для привода задних колес скрепера), а также применение самоходных скреперных поездов из двух или трех скреперов, загружаемых поочередно.

Некоторые модели скреперов с гидравлическим управлением оснащаются системой “Стабилоплан” для автоматической стабилизации положения ковша при планировочных работах. Эта система дает возможность автоматически выдерживать заданный уклон продольного профиля планируемой поверхности.

Производительность скрепера.

Эксплуатационная производительность скрепера, м³/ч, в плотном теле

$$П_{Э} = \frac{qK_H K_B n}{K_p},$$

где q – вместимость ковша скрепера, м³;

K_H – коэффициент наполнения ковша грунтом, равный 0,6...1,3;

$$K_H = \frac{q_1}{q};$$

Таблица 6

Эксплуатационные параметры скреперов

Параметры	Емкость ковша, м ³			
	3	6-8	10-12	15-25
Длина пути наполнения, м	12-15	15-20	20-25	30-35
Максимальная скорость передвижения v_{max} , км/ч:				
прицепные скреперы	11,49	9,5-10,13	12,45	
самоходные скреперы	44,0 – 44,5			45
Длина разгрузки пути, м	3 - 10			
Время на поворот и переключение передач, с	50 – 60 (прицепной) 15 – 30 (самоходный)			
Скорость движения, км/ч:				
при заполнении ковша	(0,65 – 0,8) v_1^*			
при транспортировании грунта	(0,55 – 0,75) v_{max}			
при транспортировании порожнего скрепера	(0,75 – 0,85) v_{max}			
при разгрузке	до 0,75 v_{max}			

q – объем рыхлого грунта в ковше скрепера;

K_p – коэффициент разрыхления грунта в ковше скрепера, равный 1,1...1,3;

K_B – коэффициент использования машины по времени, равный 0,8...0,9;

n – число циклов в час; $n=3600/t_{ц}$;

$t_{ц}$ – продолжительность одного рабочего цикла скрепера, с;

$$t_{ц} = \frac{l_3}{v_3} + \frac{l_T}{v_T} + \frac{l_{PЗ}}{v_{PЗ}} + \frac{l_{ПХ}}{v_{ПХ}} + t_{П} + 2t_{ПОВ};$$

l_3 , l_T , $l_{PЗ}$, $l_{ПХ}$ – длины участков заполнения ковша, транспортировки грунта, разгрузки ковша, порожнего хода скрепера, м;

* v_1 – скорость движения на 1 передаче, равная 2-4 км/ч.

v_3 , v_T , $v_{PЗ}$, $v_{ПХ}$ – скорости скрепера при заполнении ковша, транспортировке грунта, разгрузке и порожнем ходе, м/с;

t_{II} – время на переключение передач тягача;
 $t_{пов}$ – время на один поворот.

3. АВТОГРЕЙДЕРЫ

3.1. Классификация и составные части автогрейдеров.

Автогрейдер является самоходной планировочно-профилировочной машиной, основным рабочим органом которой служит поворотный отвал с ножами, размещенный между передним и задним мостами пневмоколесного ходового оборудования.

Автогрейдер применяется при отделке земляного полотна дорог, вырезки кюветов и боковых откосов насыпи и профилировании поверхностей с перемещением грунта на расстоянии не более 100 м. Автогрейдер используется при разработке грунтов 1-11 категорий.

Автогрейдеры разделяются по конструктивной массе на легкие (до 9 т), средние (до 13 т) и тяжелые (19 т и выше). Для удобства обозначения количества ведущих осей, имеющих управляемые колеса, применяется колесная схема А х Б х В,

где А – число осей с управляемыми колесами;
Б – число ведущих осей;
В – общее число осей машины.

Колесные схемы 1 х 2 х 3 получили распространение в автогрейдерах легкого и среднего типов, а 1 х 3 х 3 – в тяжелых.

Современные автогрейдеры выполнены по единому конструктивному подобию и представляют собой самоходную трехосную машину с полноповоротным отвалом и гидравлическим управлением рабочими органами.

Отечественная промышленность выпускает легкие автогрейдеры с мощностью силовой установки (65 кВт), средние автогрейдеры с мощностью (100 кВт) и тяжелые автогрейдеры с мощностью двигателя (184 кВт).

3.2. Производительность автогрейдера

Производительность автогрейдера (в м³/ч) при профилировании земляного полотна определяется по формуле:

$$\Pi = \frac{VK_B}{t},$$

где V – объем призмы грунта, вырезанный за один проход, м³;

$$V = FL,$$

K_B – коэффициент использования машины по времени,
равный 0,8...0,9;

t – время цикла, ч;

F – сечение стружки в призме волочения, м²;

L – длина прохода, м.

Производительность в км отпрофилированной дороги определяется по формуле

$$\Pi = \frac{LK_B}{t},$$

где t – продолжительность профилировки, ч;

$$t = \frac{L}{v_{cp}} + \frac{t_{nos}}{60}(n - 1);$$

n – число проходов, равное 12 ..16;

v_{cp} - средняя рабочая скорость автогрейдера, равная 3000... 4000 м/ч.

4. БУЛЬДОЗЕРЫ

4.1. Классификация и основные части бульдозеров.

Выбран по табл.7 бульдозер того или иного тягового класса, что соответствует величине тягового усилия, необходимо, используя справочные материалы подобрать конкретную марку машины, по которой в дальнейшем будут осуществляться тяговый расчет и расчет производительности.

В характеристике машины необходимо привести ее технические данные, описать устройство машины, схему рабочего процесса и схему самой машины с указанием сборочных единиц и механизмов.

При составлении графика изменения производительности от дальности транспортирования грунта $P=f(L)$ дальность транспортирования принимать поочередно 25, 50, 75 и 100 м. Оценив полученный график, описать его, определив при этом оптимальную дальность перемещения грунта для конкретно выбранной машины.

Бульдозеры представляют собой рабочее оборудование, в виде отвала с толкающими брусьями, навешанное на гусеничном или колесном тракторе или специальном шасси.

Бульдозеры относятся к землеройно-транспортным машинам и осуществляют разработку грунта и транспортировку его на расстояние до 100-140 м и более, в зависимости от мощности базовой машины и типа ее двигателя.

Таблица 7

Параметры	Последняя цифра шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Тяговый класс бульдозеров:										
Гусеничные с неповоротным отвалом	3	4(6)	10	25						
Гусеничные с поворотным отвалом					3	4(6)	10	25		
Колесные с неповоротным отвалом									1,4	6(10)
Расстояние перемещения грунта, м	20	40	80	90	30	50	60	70	20	30
Характер местности, град:										
уклон	0	3	5	7	8	9	11	12	13	15
подъем	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
	Предпоследняя цифра шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Категория грунта	1	11	111	1V	1	11	111	1V	11	111
Связные грунты	уклон	подъем			уклон	подъем			уклон	подъем
Несвязные грунты			уклон	подъем			уклон	подъем		

Бульдозеры классифицируются по тяговому классу (усилию): малогабаритные – менее 25, легкие – 25...135, средние – 135...200, тяжелые 200...300 кН и по мощности базовой машины: легкие 20...80, средние 80...150, тяжелые 150...300, сверхтяжелые более 300 кВт.

Базовая машина обеспечивает транспортное и рабочее движение бульдозера и снабжает энергией механизмы привода и управления рабочими органами. Рабочее оборудование обеспечивает разработку и перемещение грунта и с помощью базовой машины.

Работа землеройно-транспортных машин возможна на грунтах, обладающих достаточной несущей способностью и создающих сцепление с движителями, необходимое для развития тягового усилия. Работа землеройно-транспортных машин может быть выполнена в слоях земной поверхности, расположенных выше уровня грунтовых вод. В зоне грунтовых вод, где грунты переувлажнены, работа землеройно-транспортных машин затруднена.

Бульдозеры конструируются с поворотным и неповоротным отвалом, т.е. их отличает способность изменять угол поворота отвала в плане, что создает определенные отличия при эксплуатации этих машин.

Бульдозеры с поворотным отвалом базируются на универсальной раме с шарнирным устройством, что способствует изменению угла поворота отвала и дает возможность использовать машину на отсыпке грунта в кавальеры за один проход.

Бульдозеры с неповоротным отвалом монтируются жестко с толкающими брусками и упомянутых преимуществ не имеют.

Бульдозеры используются при следующих работах: возведение насыпей из боковых резервов; разработка выемок с перемещением грунта в кавальеры; разработка и перемещение грунта при профилировании земляного полотна; разравнивание грунта при отсыпке насыпей; планировка площадок; засыпка траншей, рвов, канав и ям грунтом и подсыпка грунта к устоям моста; расчистка участков и трасс дороги от кустарника, пней, леса; снятие с дорожной полосы верхнего растительного слоя; разработка гравийных и песчаных карьеров; перемещение, укладка в штабели и погрузка сыпучих материалов (песок, щебень) на складах и строительных площадках; расчистка дорог, аэродромов, площадок от снега; подталкивание скреперов при загрузке.

Тяговый расчет бульдозера.

Тяговый расчет бульдозера, как и любой другой землеройной машины, заключается в определении необходимого тягового усилия P , которое должно быть больше или равно сумме всех возникающих при работе машины сопротивлений

$$P \geq \sum_{i=1}^n \omega_i .$$

где n – количество видов сопротивлений;

ω_i – сопротивление i -того вида.

За расчетное положение при определении потребной силы тяги и мощности берется момент окончания набора грунта перед отвалом бульдозера. Это необходимо учесть как сопротивление вырезанию стружки грунта с определенной площадью поперечного сечения, так и сопротивление грунта, которых перемещается впереди отвала (призма волочения).

В основу расчета кладется суммирование сопротивлений, возникающих в процессе резания и перемещения грунта, независимо от его инструкции.

При работе бульдозера полное сопротивление, преодолеваемое толкающим усилием трактора, складывается из следующих сопротивлений:

$$\sum_{i=1}^n \omega_i = \omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \omega_4 ,$$

где ω_1 – сопротивление грунта резанию, кгс

$$\omega_1 = k F_0 ;$$

где k – удельное сопротивление грунта лобовому резанию, кгс/м²;

среднее значение для грунта 1 категории принимается равным до 7000 кгс/м², (70 кПа), для 11 категории – до 11000 кгс/м² (110 кПа), для 111 категории – до 1700 кгс/м² (170 кПа);

F_0 – площадь сечения стружки, которая может быть определена из условия технологического режима машины;

$$F_0 = h_{cn} b_0 ;$$

h_{cn} - средняя глубина резания (толщина срезаемого слоя), м (принимается самостоятельно);

b_0 - ширина срезаемого слоя грунта, м;

ω_2 - сопротивление перемещению призмы;

$$\omega_2 = G_{np} (\mu \pm i);$$

G_{np} - масса призмы волочения, определяемая из условий заполнения отвала грунтом;

$$G_{np} = V_{\phi} \gamma$$

V_{ϕ} - фактический объем грунта перед отвалом, м³ (расчетная формула приводится в разделе расчета производительности бульдозера);

γ - объемная масса грунта;

μ - коэффициент трения грунта призмы волочения по грунту поверхности забоя, равный для связных грунтов 0,5, для несвязных грунтов – 0,7;

i - сопротивление перемещению грунта на подъем (под уклон);

$$i = \operatorname{tg} \alpha$$

α - угол наклона пути к горизонту, град, принимаемый со знаком “минус” при движении под уклон;

ω_3 - сопротивление перемещению грунта вверх по отвалу;

$$\omega_3 = G_{np} \cos^2 \delta \mu_1;$$

δ - угол резания, град (для неповоротного отвала, равный 55⁰, для поворотного отвала – 50...55⁰);

μ_1 - коэффициент трения грунта по металлу, равный для песка и супеси 0,35, для среднего суглинка – 0,50, для тяжелого суглинка – 0,80;

ω_4 - сопротивление перемещению (транспортированию) бульдозера;

$$\omega_4 = G (f \pm i)$$

G - сила тяжести трактора с бульдозерным оборудованием, кгс;

f - коэффициент сопротивления перемещению движителей трактора;

для гусеничного движителя $f = 0,15 \dots 0,20$; для колесного движителя

$f = 0,10 \dots 0,15$.

Произведя тяговый расчет для заданной машины, можно определить режимы, на которых следует работать, чтобы полностью использовать мощность двигателя, и какие максимальные рабочие сопротивления можно преодолеть для работы на заданных режимах.

В случае, если сумма сопротивлений при производстве тягового расчета окажется больше или меньше тягового усилия выбранной марки машины, необходимо, проанализировав составные части расчета, принять решение, способствующие изменению его в сторону снижения или увеличения. Принятые мероприятия следует обосновать и отразить в тексте при повторном расчете.

Производительность бульдозера.

Производительность – это объем продукции, производимой в единицу времени данным оборудованием в соответствии с его конструктивными особенностями, технической характеристикой и определенными организационно - производственными условиями.

Производительность бульдозера при резании и перемещении грунта определяется по формуле

$$П = \frac{3600V_{\phi} K_{укл}}{T_{ц}};$$

где V_{ϕ} - фактический объем грунта (в плотном теле) перед отвалом, м³;

$$V_{\phi} = \frac{BH^2}{2K_{np}K_p};$$

B – ширина отвала бульдозера, м;

H - высота отвала с учетом козырька, м;

Значения B и H принимаются по паспортным данным выбранной машины.

K_{np} – коэффициент, зависящий от характера грунта в призме волочения (связности, коэффициента разрыхления) и от отношения высоты отвала H к ширине B ; (табл. 8)

Таблица 8

Отношение H/B	0,15	0,3	0,35	0,40	0,45
Для связных грунтов	0,17	0,80	0,85	0,90	0,95
Для несвязных грунтов	1,15	1,20	1,25	1,30	1,50

K_p – коэффициент разрыхления (характеризует механические свойства грунта или насыпного) и представляет собой отношение объемной массы грунта в естественном залегании (насыпной массы) к объемной массе грунта в условиях его разрыхленного состояния;

$$K_p = \frac{V}{V_p}$$

Значения коэффициентов разрыхления грунта в зависимости от категории грунта следующие:

Категория грунта	1	11	111	IV	V и VI
K_p	1,15	1,20	1,25	1,33	1,43

K_v – коэффициент использования бульдозера по времени, равный 0,80...0,85;

$K_{укл}$ – коэффициент, учитывающий влияние уклона местности на производительность бульдозера (см. табл. 9);

Таблица 9

Зависимость производительности бульдозера от рельефа местности

Угол подъема, град	$K_{укл}$	Угол подъема, град	$K_{укл}$
0-5	1,00-0,67	0-5	1,00-1,33
5-10	0,67-0,50	5-10	1,33-1,94
10-15	0,50-0,40	10-15	1,94-2,25
		15-20	2,25-2,68

$T_{ц}$ - длительность цикла, с;

$$T_{ц} = t_p + t_n + t_{ox} + t_c + t_o,$$

где t_p - время необходимое для формирования призмы волочения, с;

$$t_p = \frac{l_p}{v_1};$$

- l_p - длина пути резания, равная 5...7 м;
 v_1 - скорость движения бульдозера при копании грунта,
равная 0,4...0,5 м/с (уточняется по характеристике базовой
машины с учетом буксования движителей);
 t_n - время, необходимое на перемещение грунта на требуемое
расстояние, с;

$$t_n = \frac{l_n}{v_2};$$

- l_n - длина участка перемещения грунта, м;
 v_2 - скорость движения бульдозера при перемещении грунта, равная
0,9...1,0 м/с (уточняется по характеристике базового шасси с учетом
буксования движителей);
 t_{ox} - время обратного холостого хода бульдозера, с;

$$t_{ox} = \frac{l_p + l_n}{v_3};$$

- v_3 - скорость движения трактора в обратном направлении, равная
1,1...2,2 м/с (уточняется по характеристике базового шасси);
 t_c - время на переключение скоростей, равное 4...5 с;
 t_o - время на опускание отвала, равное 1...2с.

Обычно бульдозеры производят резание грунта на 1 или 11 передаче, что составляет 0,4...0,5 м/с, а транспортирование его к месту выгрузки на 11 или 111 передаче, или 0,9...1,0 м/с. возвращение его к месту набора грунта для нового цикла осуществляется, как правило, задним ходом со скоростью 1,1...2,2 м/с. если бульдозер работает с поворотами, необходимо в общем времени цикла учесть время на повороты. Время, необходимое на один поворот, $t_{пов} = 10$ с.

Список рекомендуемой литературы

1. Путьевые машины. Учебник для вузов железнодорожного транспорта. - М.: Транспорт, 1985. 375 с. Авт.: С.А. Соломонов, М.В. Попович, Б.Н. Стефанов, П.М. Цигельный, А.М. Яковлев.
2. Лончаков Э.Т. Путьевые машины. Задание на курсовой проект с методическими указаниями для студентов V курса, спец. СМ Ч.1 и 11.-М., ВЗИИТ, 1985.
3. Путьевые машины и механизмы. Справочник. - М.: Транспорт, 1968, 301 с. Авт.: Гуленко Н.Н., Гора В.Е., Овчаренко Н.В., Фомин В.П.
4. Дорожные машины. Ч. 11. Машины для устройства дорожных покрытий. Учебник для вузов по спец. "Строительные и дорожные машины и оборудование". Авт.: К.А. Артемьев, Т.В. Алексеева, В.Г. Белокрылов и др. М.: Машиностроение, 1982. 396 с.
5. Машины для земляных работ. Учебник. Авт.: Гаркави Н.Г., Аринченков В.И., Карпов В.В. и др./Под ред. Н.Г. Гаркави. М.: Высшая школа, 1982. 335 с.
6. Домбровский Н.Г., Гальперин М.И. Строительные машины. Ч. 11 Учебник для вузов по спец. "строительные и дорожные машины и оборудование". М.: Высшая школа, 1985. 224 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Требования и порядок выполнения контрольной работы	3	
1. Экскаваторы		4
2. Скреперы		10
3. Автогрейдеры		13
4. Бульдозеры		14
Список рекомендуемой литературы	20	