**Содержание**

Исходные данные

Описание подготовительных работ, которые должны быть выполнены до начала разработки котлована

Определение объёма котлована, объёмов растительного слоя и и грунта, вывозимого в отвал

Выбор машины для снятия растительного слоя, определение её производительности и схемы работы

Выбор экскаватора обратная лопата для разработки котлована

Выбор экскаватора прямая лопата для разработки котлована

Определение количества автосамосвалов для обеспечения работы экскаваторов обратная и прямая лопата

Выбор машины для планирования дна котлована, и её производительность

Выбор машины для уплотнения дна котлована и определение её производительности

**Исходные данные**

Требуется разработать котлован с размерами, м:

длина 70м, ширина 60 м, глубина 5м;

Грунт: супесь толщиной 16 м влажностью 12%

Растительный слой толщиной 0,2 м

Расстояние до отвала грунта 1,8 км

Работы ведутся в летнее время, в течение двух смен продолжительностью по 8часов, при пятидневной рабочей неделе.

Ориентировочный срок выполнения работ 1 месяц.

**Описание подготовительных работ, которые должны быть выполнены до начала разработки котлована**

котлован строительство отвал

До начала работ по устройству земляных сооружений выполняют подготовительные работы, которые разделяются на внешнеплощадочные и внутриплощадочные.

К внешнеплощадочным работам относятся работы по прокладке магистральных сооружений:

-автомобильных дорог;

-линий связи и электропередачи с трансформаторными подстанциями;

-водопроводов и заборных устройств;

-газопроводных сетей с распределительными пунктами.

Внутриплощадочные работы подготовительного периода включают:

-расчистку территории строительной площадки, снос не используемых в процессе строительства временных сооружений;

-планировку территории

-создание геодезической разбивочной основы, геодезические разбивочные работы инженерных сетей, дорог, зданий и сооружений.

-отвод поверхностных вод, понижение уровня грунтовых вод;

-перенесение линий связи, электропередач и трубопроводов из зоны строительства, прокладку новых инженерных сетей;

-устройство постоянных и временных дорог;

-размещение инвентарных временных зданий и сооружений для контроля и оперативного руководства строительством, обогрева рабочих, приёма пищи, хранения рабочей одежды и инвентаря;

-устройство складских площадей, помещений и оборудования для хранения материалов, конструкций и запасных частей, для заправки машин;

-устройство временного ограждения строительной площадки;

-обеспечение строительной площадки противопожарным оборудованием и средствами сигнализации;

-организация временного освещения, охраны и связи для управления производством работ

**Определение объёма котлована, объёмов растительного слоя и и грунта, вывозимого в отвал**

Объём котлована найдем по формуле:

(м3) (2.1)



Где Vk – объём котлована, м3;

Н – глубина котлована (по заданию 5м), м;

а и b– размеры дна котлована (по заданию 70м и 60м), м;

а1 и b1 – размеры котлована по верху, м.

а1=а+2тH (м) (2.2)

b1=b+2mH (м) (2.3)

где m – коэффициент заложения откоса (принимаем по таблице), для грунта «супесь» при глубине котлована Н=5м.

т=0,9;

в=70 (м);

а=60 (м);

**в1**=70+2\*0,9\*5=**79** (м);

**а1**=60+2\*0,9\*5=**69** (м).

**Vk**=5/6(4200+5451+ 149\*129)=**24060 (м3)**.

Определение объёма растительного слоя.

(м3) (2.4)



Где hpc =0,2 - толщина растительного слоя, м. (по заданию)

**Vpc**=79\*69\*0,2=**1090 (м3)**

Определение объёма грунта, подлежащего обработке.

(м3) (2.5)



Подставим полученные значения формул 2.1 и 2.4 в формулу 2.5, получим объём грунта, подлежащий обработке:

**Vp** =24060 – 1090=**22970 (м3).**

Устройство въезда в котлован, объём экскавации.

Открытые котлованы удобны, т.к. обеспечивают въезд в котлован.

Работы по устройству въезда следует учитывать при определении объёма экскавации и разработке технологической схемы.

(м3) (2.6)



Где bПТ=1,5…2,0- ширина пионерной траншеи понизу, м;

ВПТ – ширина пионерной траншеи поверху, м;

ВПТ= bПТ+2mHp (м) (2.7)

**ВПТ**=2+2\*0,9\*4,8=**10,64 (м).**

Нр– рабочая глубина разрываемого котлована , м;

Нр=Н-hpc (м) (2.8)

**Нр**=5-0,2=**4,8 (м).**

Lp – длина въезда, м.

Lp = Нр /i (м) (2.9)

Где i – уклон въезда, может быть порядка 0,10.

**Lp** = 4,8 /0,10=**48 (м).**

Подставим полученные значения формул 2.7, 2.8, 2.9 в формулу 2.6:

**VL**=(10,64+2)/2\*0,5\*4,8\*48=**728 (м3).**

**Выбор машины для снятия растительного слоя, определение её производительности и схемы работы**

Снятие растительного слоя обычно выполняют бульдозеры 10 т тяги. Растительный слой отсыпают в кавальер, который находится на расстоянии 10 м от края котлована до оси кавальера.

Для этой работы подберем бульдозер ДЗ-18 со следующими характеристиками:

Таблица 1. Технические характеристики бульдозера ДЗ-18.

|  |  |
| --- | --- |
| Показатели | ДЗ-18 |
| Тяговый класс, тс | 10 |
| Продолжительность набора в призму грунта ІІ категории (супесь) tкоп, с | 9 |
| Средний путь набора грунта в призму lкоп, м | 4 |
| Скорость перемещения бульдозера, км/ч  -при копании-наборе грунта в призму Vкоп  -при транспортировке и раскладке грунта Vтр и Vр  -при порожнем пробеге Vпор | 3,6  8,8  12,2 |
| Масса, т | 16,3 |
| Объём грунтовой призмы (для несвязного грунта - супесь) q, м3 | 1,4 |

Производительность бульдозера определяем по формуле:

(м3/ч) (3.1)



Где q – объём грунтовой призмы перед отвалом бульдозера на конечной стадии копания (принимаем по табл.1), м3;

tц – длительность рабочего цикла, с;

КП – коэффициент потерь грунта при движении бульдозера;

KП=1-0,005\* lтр

**KП**=1-0,005\*49,5=**0,8**

КР – коэффициент разрыхления грунта при разработке, для супеси =1,15;

КВ – коэффициент использования рабочего времени смены(=0,80…0,90).

Длительность рабочего цикла определим по формуле:

tц=tкоп+tтр+tр+tпор+tдоп (с) (3.2)

где tкоп – длительность операции копания-набора грунта в призму (по табл.1), с;

**tкоп=9 с.**

tтр – длительность транспортировки грунтовой призмы, с;

tтр=lтр/Vтр (с) (3.3)

где lтр – путь транспортировки грунтовой призмы, м;

lтр=а1/2+с (м) (3.4)

**lтр**=69/2+10=**44,5 м.**

Vтр - скорость транспортировки грунтовой призмы (по табл.1), м/ч;

**Vтр**=8,8\*1000/3600=**2,44 (м/ч)**

**tтр**=44,5/2,44≈**19 с.**

tр – длительность раскладки грунтовой призмы слоем определённой толщины, при сосредоточенной разгрузке грунтовой призмы (в отвал, в кавальер, в обратную засыпку) **tр=0** (с).

tпор – длительность порожнего хода бульдозера, с;

tпор=(lкоп+lтр+lр)/Vтр (с) (3.5)

где lкоп – средний путь набора грунта в призму (по табл.1), м;

lр – длина пути раскладки (при сосредоточенной разгрузке грунтовой призмы в кавальер) lр=0, м

**tпор**=(4+19+0)/2,44≈**10 с.**

tдоп – дополнительное время на переключение передач, перестановку отвала и повороты, **tдоп=10с.**

**tц**=9+19+0+10+10=**48 с.**

=65,739 ≈ **66 (м3/ч).**



**Выбор экскаватора обратная лопата для разработки котлована**

При глубине котлована 2…6 м целесообразно использовать экскаватор с обратной лопатой. При использовании экскаватора с обратной лопатой разрабатывается закрытый (глухой) котлован, что не обеспечивает въезд в котлован.

При выборе марки экскаватора с ковшом определенного объёма следует учитывать то, что конфигурация забоя должна быть такой, чтобы обеспечить безопасность экскаватора и его максимальную производительность. Эти условия выполняются в том случае, если высота разрабатываемого уступа Нр составляет определенную часть паспортной характеристики экскаватора Нкоп.max, то есть наибольшей глубины или высоты копания.

Нр= Нкоп.max\*β (м) (4.1)

Где Нкоп.max – паспортная характеристика высоты разрабатываемого уступа, м;

β – коэффициент высоты забоя экскаваторов, для обратной лопаты может быть принята 0,7.

Так как из формулы (2.8) мы уже знаем величину Нр, то можем найти Нкоп.max требуемую для разработки нашего котлована и принять экскаватор, соответствующий требованиям.

**Нкоп.max**=4,8/0,7=**6,86 м.**

Принимаем экскаватор обратная лопата ЭО-5122.

Таблица 2. Технические характеристики экскаватора обратная лопата ЭО-5122.

|  |  |
| --- | --- |
| Показатели | ЭО-5122 |
| Объём ковша, м3 | 2,0 |
| Наибольший радиус копания Rкоп.max, м | 10,7 |
| Наибольшая глубина копанияНкоп.max, м | 7,3 |
| Наибольшая высота выгрузки Нвыг.max, м | 5,5 |
| Радиус выгрузки при наибольшей высоте выгрузки, Rвыг, м | 7,3 |
| Продолжительность цикла, с | 22 |
| Масса, т | 36,6 |

Определим размет меньшей стороны котлована:

а1=а+ 2тНр (м) (4.2)

**а1**=60+2\*0,9\*4,8=68,64**≈69 м.**

Разработка котлована начинается с проходки пионерной (разрезной) траншеи.

Ширину пионерной траншей понизу принимаем равной 2 м. Ширина пионерной траншеи поверху была посчитана в формуле 2.7, и она равна 11м.

bПТ=2 м;

ВПТ≈10,6 м.

Ширина бокового забоя:

ВБЗ=1,3\* Rкоп.max (м) (4.3)

Где ВБЗ – ширина бокового забоя, м;

Rкоп.max - наибольший радиус копания (по табл.2), м.

**ВБЗ**= 1,3\*10,7=**14 м.**

Определим количество боковых забоев:

пБЗ=(а1- ВПТ)/ ВБЗ (4.4)

пБЗ = (69-10,6)/14 =4 забоя+2 м

остаток в 2 м распределим на четыре боковых забоя:

ВБЗ= 14+2/4=14,5 м

Т. о., разработка котлована будет осуществляться пионерной траншеей с размерами поверху ВПТ=11 м понизу bПТ=2 м, и тремя боковыми забоями с размерами поверху и понизу ВБЗ= 14,5 м.

Эксплуатационную производительность экскаватора определяем по формуле:

(м3/ч) (4.5)



Где q=2 м3– объём ковша (принимаем по табл.2);

tц=22 с – длительность рабочего цикла(принимаем по табл.2);

КН =1,1– коэффициент наполнения ковша, для супеси;

КР =1,15– коэффициент разрыхления грунта , для супеси;

КВ =0,9 – коэффициент использования рабочего времени смены (0,80…0,90).

(м3/ч)



**Выбор экскаватора прямая лопата для разработки котлована**

При использовании экскаватора прямая лопата, разрабатываются открытые котлованы, которые удобны, т.к. обеспечивают въезд в котлован.

Выбор экскаватора прямая лопата осуществляется так же, как и для обратной лопаты:

Нр= Нкоп.max\*β (м) (5.1)

Где Нкоп.max – паспортная характеристика высоты разрабатываемого уступа, м;

β=1,0 – коэффициент высоты забоя экскаваторов, с прямой лопатой для супеси.

**Нкоп.max**=4,8/1,0=**4,8 м.**

Принимаем экскаватор прямая лопата ЭО-5122.

Таблица 3. Технические характеристики экскаватора прямая лопата ЭО-5122.

|  |  |
| --- | --- |
| Показатели | ЭО-5122 |
| Объём ковша, м3 | 1,6 | 2,0 |
| Наибольший радиус копания Rкоп.max, м | 8,9 |
| Радиус копания на уровне стоянки Rст, м | 4,7 |
| Наибольшая глубина копанияНкоп.max, м | 9,6 |
| Наибольшая высота выгрузки Нвыг.max, м | 5,1 |
| Радиус выгрузки при наибольшей высоте выгрузки, Rвыг, м | 4,6 |
| Продолжительность цикла, с | 20 |
| Масса, т | 36,0 |

Для прямой лопаты устройство наклонного входа с уклоном i=10% в котлован является первой стадией его разработки: экскаватор начинает разрабатывать грунт ниже отметки стояния, постепенно заглубляясь до отметки Нр в конце наклонного входа – на границе подошвы котлована. Разработка грунта должна быть начата от будущей подошвы котлована на расстоянииLp, которое посчитано в формуле 2.9:

**Lp** = **48 (м).**

Пионерную траншею, являющуюся продолжением наклонного входа в котлован, разрабатываем нормальным лобовым забоем, при котором облегчается маневрирование и установка под погрузку автосамосвалов. Ширину пионерной траншеи понизу принимают равной двум радиусам копания на уровне стояния:

bnm=2\*Rcm (м) (5.2)

где bnm – ширина пионерной траншеи, м;

Rcm - радиус копания на уровне стоянки (по табл.3), м.

**bnm**=2\*4,7=**9,4 м.**

Разрабатываем максимально широкую траншею поверху, допуская возможность оползания верхней части откоса в процессе разработки грунта:

Bnm=2\*Rкоп.max (м) (5.3)

Где Bnm – ширина пионерной траншеи поверху, м;

Rкоп.max - наибольший радиус копания (по табл.3), м.

**Bnm**=2\*8,9=**17,8 м.**

Определим размеры бокового забоя:

В1= Rкоп.max (м) (5.4)

Где В1 – расстояние от оси движения экскаватора до бровки откоса забоя, м.

**В1=8,9 м.**

В2= 0,7\*Rкоп.max (м) (5.5)

Где В2 – расстояние от оси движения экскаватора до подошвы забоя, м.

**В2**= 0,7\*8,9=**6,2 м.**

Полная ширина бокового забоя:

В1+ В2 (м) (5.6)

8,9+6,2=**15,1 м.**

Влв= В1+ В2 –т’\*Нр (м) (5.7)

Где Влв - ширина ленты, ширина забоя поверху, м;

т’ =0,7 – коэффициент заложения откоса котлована, для забоев прямой лопаты (супесь).

**Влв**=15,1-0,7\*4,8=**11,7м**.

Определим количество боковых забоев:

пбз=(а1- Bnm)/ Влв (5.8)

**пбз**=(69-17,8)/11,7≈**4 забоя +4,4 м.**

Остаток 4,4 м можно считать недобором по 2.2 м с каждой стороны котлована. При необходимости недобор можно устранить экскаватором – планировщиком (обратная лопата с широким ковшом) или драглайном.

Влн=(а1- Bnm)/ пбз (м) (5.9)

Где Влн – ширина ленты, ширина бокового забоя понизу, м.

**Влн**=(69- 17,8)/ 4=**12,8 м.**

Эксплуатационная производительность экскаватора определяется по формуле:

(м3/ч) (5.10)



Где q=2 м3– объём ковша (принимаем по табл.3);

tц=20 с – длительность рабочего цикла(принимаем по табл.3);

КН =1,1– коэффициент наполнения ковша, для супеси;

КР =1,15– коэффициент разрыхления грунта , для супеси;

КВ =0,9 – коэффициент использования рабочего времени смены (0,80…0,90).

(м3/ч)



**Определение количества автосамосвалов для обеспечения работы экскаваторов обратная и прямая лопата**

Для перевозки грунта в отвал на расстояние 1,8 км разрабатываемого экскаваторами грунта используются автосамосвалы.

Для экскаватора обратная лопата.

При подборе автосамосвала учтем, что наилучшим является отношение вместимости ковша экскаватора (2 м3) к вместимости кузова автосамосвала 1:4…1:6.

Т. о. выбираем автосамосвал Татра-148, технические характеристики представим в таблице 4.

Таблица 4. Технические характеристики автосамосвала Татра148.

|  |  |
| --- | --- |
| Показатели | Татра148. |
| Объём грунта в кузове, м3 | 11,1 |
| Грузоподъёмность, т | 15,0 |
| Погрузочная высота, м | 2,7 |
| Габариты, м  -длина  -ширина  -высота | 7,2  2,5  2,7 |
| Полная масса, т | 26,0 |

Производительность автосамосвала определяется по формуле:

Пэч=q\*Кв\*60/tц (м3/ч) (6.1.1)

Где q – объем грунта в кузове автосамосвала (по табл.4), м3;

tц – длительность цикла (рейса), мин.;

Кв – коэффициент использования рабочего времени смены(примем равным 0,90).

tц=tм+tп+tр+tгх+tпх (6.1.2)

где tм=2мин – время маневрирования при погрузке и разгрузке, мин;

tп – время погрузки, мин;

tр=1 мин – время разгрузки, мин ;

tгх – время груженого хода, мин;

tпх – время порожнего хода, мин.

tп= tцэкс\*пк (мин) (6.1.3)

где tцэкс=22 с=0,4 мин. – продолжительность цикла экскаватора, мин;

пк – количество ковшей, необходимое для полной загрузки автосамосвала;

пк=qсам/qковша (6.1.4)

где qсам =11,1 м3 - объем грунта в кузове автосамосвала (по табл.4), м3;

qковша=2 м3 – объём ковша экскаватора (по табл.2), м3.

**пк**=11,1/2=**5,5 м3.**

**tп**=0,4\*5,5=**2,2 мин.**

При движении автосамосвалов туда и обратно по одной трассе принимаем:

tгх+ tпх=60\*2L/Vср (мин) (6.1.5)

где L – расстояние между пунктами (1.8), км;

Vср – средняя скорость самосвала по трассе (примем равной 20 км/ч), км/ч.

**tгх+ tпх**=60\*2\*1,8/20=**10,8 мин.**

**tц**=2+2,2+1+10,8=**16 мин.**

**Пэч**=11.1\*0,9\*60/16=**37,5 м3/ч.**

Определим необходимое количество автосамосвалов NAC для непрерывной работы по формуле:

NAC=Пээкс/ПэАС (6.1.6)

Где Пээкс – эксплуатационная часовая производительность экскаватора, м3/ч;

ПэАС - эксплуатационная часовая производительность автосамосвала, м3/ч.

**NAC**=282/37,5=**8** автосамосвалов необходимо для непрерывной работы.

Для экскаватора прямая лопата.

Выбираем тот же автосамосвал, что и для экскаватора обратная лопата.

Посчитаем по формулам 6.1.2 – 6.1.5 длительность загрузки:

**пк**=11,1/2=**5,5 м3.**

**tп**=0,3\*5,5=**1,8 мин.**

**tц**=2+1,8+1+10,8=**15,6 мин.**

Эксплуатационная часовая производительность автосамосвала по формуле 6.1.1 будет:

**Пэч**=11.1\*0,9\*60/15,6=**38,4 м3/ч.**

Необходимое количество автосамосвалов определим по формуле 6.1.6:

**NAC**=310/38,4=**9** автосамосвалов необходимо для непрерывной работы.

**Выбор машины для планирования дна котлована, и её производительность**

Планировка дна котлована необходима для устранения недобора грунта после экскавации и выравнивания слоя грунта перед уплотнением. После планировки бульдозер должен оставить такой слой грунта, который после уплотнения обеспечил бы получение проектной отметки дна котлована.

Для планировки используем тот же бульдозер ДЗ-18 с универсальным отвалом, который устанавливается с небольшим перекосом.

Определим производительность по формуле:

Пчэ=(60/tц)\*F\*Kв (м2/ч) (7.1)

Где F – площадь, планируемая за один проход бульдозера, м2;

tц – длительность цикла, мин. Можно принять

tц=2L/V (мин) (7.2)

обычно бульдозер выполняет планировку со средней, транспортной скоростью. Где L – длина гона (захватки) – длина дна котлована, т.е. L=b=70 м. **tц**=(2\*70\*60)/(8,8\*1000)=0,95≈**1 мин.**

F=L\*(B-b’) (м2) (7.3)

Где B=3,9 м – длина отвала бульдозера (для ДЗ-18), м;

b’ =0,5 – перекрытие захваток и уменьшение ширины хода из-за перекоса отвала;

**F**=70\*(3,9-0,5)=**238 м2.**

**Пчэ**=(60/1)\*238\*0,9=**12852(м2/ч).**

**Выбор машины для уплотнения дна котлована и определение её производительности**

Заключительным этапом работ по устройству котлована является уплотнение его дна. Для уплотнения несвязного грунта используем вибрационные гладковальцевые или комбинированные (вибровалец + пневматики) самоходные катки. Т. к. при экскавации и планировке плотная природная структура грунта нарушается на глубину не более 20 см, считаем что именно такой толщины должен быть уплотняемый слой.

Выбираем вибрационный каток ДУ-10А со следующими характеристиками:

Таблица 5. Технические характеристики вибрационного катка ДУ-10А.

|  |  |
| --- | --- |
| Показатели | ДУ-10А |
| Тип катка | Самох. |
| Толщина уплотняемого слоя, см. | **20** |
| Ширина уплотняемого слоя, см. | **85** |
| Скорость движения, км/ч. | **1,8; 3,0** |
| Количество проходов по одному следу | **3…6** |
| Масса, т. | **1,8** |

Определяем производительность катка по формуле:

(м2/ч) (8.1)



Где Vcp - средняя скорость движения катка при уплотнении (по табл.5), км/ч;

h=0,2 – толщина уплотняемого слоя, м;

В – ширина полосы уплотнения (по табл.5), м;

b =0,15 м – перекрытие полосы уплотнения, м;

п=2 – количество проходов по одному следу (по табл.5)

**(м2/ч).**



**Разработка графика работ по устройству котлована**

Работы ведутся в летнее время, в течение 2 смен по 8 часов, при 5-и дневной рабочей неделе, 1 месяц.

В месяце порядка 40 рабочих смен.

Сменная производительность определяется по формуле:

Пэсм=Пэч\*8 (м3) (9.1)

Где Пэсм – сменная производительность, м3;

Пэч – часовая производительность, м3/ч.

Требуемое количество машино-смен определяется по формуле:

Nмаш-см=V/ Пэсм (машино-смен) (9. 2)

Где Vpc – объем грунта, требующий разработки, м3;

Для снятия растительного слоя.

Определим сменную производительность бульдозера:

**Пэсм**=66\*8=**528 м 3**

Определим требуемое количество машино-смен для снятия растительного слоя:

Зная Vpc=1090 м3 – объем растительного слоя.

**NБмаш-см**=1090/528=2,06≈**2,5 машино-смены.**

Для разработки грунта котлована экскаватором.

Экскаватор обратная лопата:

Определим сменную производительность экскаватора:

**Пэсм**=282\*8=**2256 м3.**

Требуемое количество машино-смен для разработки грунта экскаватором обратная лопата:

**NЭмаш-см** =22970/2256=10,18≈**10,5 машино-смен.**

Экскаватор прямая лопата:

Определим сменную производительность экскаватора:

**Пэсм**=310\*8=**2480 м3.**

Определим объём разрабатываемого грунта, с учётом въезда в котлован:

**V**=22970+728=**23698 м3**

Требуемое количество машино-смен для разработки грунта экскаватором прямая лопата:

**NЭмаш-см** =23698/2480≈**10 машино-смен.**

Для транспортировки грунта автосамосвалом.

Т. к. известно количество автосамосвалов, обслуживающих экскаватор, количество машино-смен автосамосвалов равно произведению количества машино-смен экскаватора на количество обслуживающих его самосвалов:

NАСмаш-см= NЭмаш-см \*NАС (машино-смен) (9.3.1)

Для глухого котлована:

**NАСмаш-см**=8\*10,5=**84 машино-смены.**

Для открытого котлована:

**NАСмаш-см**=9\*10=**90 машино-смены.**

Для планировки дна котлована.

Определим сменную производительность бульдозера:

**Пэсм**=13529\*8=**108232 м2.**

Требуемое количество машино-смен для планировки дна котлована:

Nмаш-см=Sk/ Пэсм (машино-смен) (9.4.1)

Где Sk – площадь дна котлована, м2;

Sk=а\*в (м2) (9.4.2)

**Sk**=60\*70=**4200 м2.**

**NПлмаш-см**=4200/108232=0,04≈**1 машино-смена.**

Для уплотнения дна котлована.

Определим сменную производительность катка:

**Пэсм**=945\*8=**7560 м2.**

Требуемое количество машино-смен для уплотнения дна котлована:

**NУплмаш-см**=4200/7560=0,55≈**1 машино-смена.**