

ВВЕДЕНИЕ

Строительство сетей канализации и водоснабжения требует значительных капиталовложений, что связано с их большой протяженностью в населенных пунктах. Снижение величины капитальных вложений в строительство и дальнейших эксплуатационных затрат возможно и на стадии проектирования производства работ. Для этого в проекте следует предусматривать:

- применение современных полимерных материалов и новых методов монтажа данных трубопроводов;
- комплексную механизацию земляных работ и сокращение затрат ручного труда;
- технико-экономическое обоснование принятых технических и технологических решений;
- применение организационно-технологических моделей в виде циклограмм или линейных графиков производства работ.

В состав канализационных и водопроводных очистных станций входит большее количество железобетонных емкостных сооружений, предназначенных для технологической обработки и хранения природных и сточных вод. Сокращение строительства данных сооружений и повышение качества работ возможно при дальнейшей индустриализации производства строительно-монтажных работ. Это достигается за счет широкой замены при строительстве емкостных сооружений монолитных железобетонных конструкций сборными, что позволяет перенести со строительных площадок в заводские условия наиболее трудоемкие работы по изготовлению строительных конструкций.

Основным видом работ при строительстве емкостных сооружений становятся монтажные работы. Учитывая характерную для них сложную конструкцию, сравнительно большие размеры в плане и незначительную высоту при максимальной массе сборных конструкций до 10 т, очистные емкостные сооружения монтируют преимущественно самоходными стреловыми кранами.

Для проектирования производства монтажных работ студент должен овладеть с помощью данных методических указаний навыками подбора монтажных приспособлений и кранов по техническим и технико-экономическим показателям, научиться выбирать оптимальные способы и методы монтажа конструкций, обеспечивающие высокий темп строительства, снижение его энергоемкости и сокращение затрат ручного труда монтажников.

Все проектные решения должны приниматься с учетом действующих СНиП и СП и быть аналогичны соответствующим разделам. ППР и ПОС.

1. ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ ТРУБОПРОВОДОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ

1.1. Определение размеров временных земляных сооружений

При проектировании траншей под трубопроводы наружных сетей водоснабжения и канализации определяются геометрические размеры поперечного сечения траншеи, устанавливается уклон дна траншеи.

Минимальная глубина заложения напорных трубопроводов водоснабжения должна быть на 0,5 м больше расчетной глубины проникания в грунт нулевой температуры:

$$h_{\min} = h_{\text{пр}} + 0,5 \text{ м.}, \quad (1)$$

где $h_{\text{пр}}$ — глубина промерзания грунта, которая определяется по данным наблюдений ближайшей к месту строительства метеорологической станции или по карте изолиний (*рис. 1*) для связных грунтов, м. Для несвязных грунтов (пески, супеси) к глубине промерзания, определённой по картам изолиний, следует применять коэффициент 0,7.

Минимальная глубина заложения безнапорных трубопроводов канализации должна быть меньше расчетной глубины проникания в грунт нулевой температуры на 0,3 м — при диаметре труб до 500 мм и на 0,5 м — при большем диаметре труб:

$$h_{\min} = h_{\text{пр}} - (0,3 \text{ м} \div 0,5 \text{ м}). \quad (2)$$

Полученная по формулам (1)-(2) минимальная глубина траншеи проверяется на допустимую минимальную высоту засыпки над верхом трубы:

$$\Delta h = h_{\min} - D_{\text{н}}, \quad (3)$$

где $D_{\text{н}}$ — наружный диаметр трубопровода, м. (*прил. 1*);

Δh — допустимая высота засыпки над трубой, м.

Допустимая высота засыпки Δh устанавливается, исходя из следующих требований:

– обеспечения сохранности труб при внешнем воздействии транспорта. Не зависит от направленности хозяйственного использования трубопроводов (водоснабжение или канализация) и принимается для железобетонных и металлических труб — не менее 0,5 м, а для всех остальных — не менее 1 м;

– для трубопроводов хозяйственно-питьевых водопроводов во избежание нагревания воды в летнее время допустимую высоту засыпки следует принимать не менее 0,5 м, считая от верха трубы;

– для трубопроводов канализации высоту засыпки следует принимать не менее 0,7 м от верха трубы до отметок поверхности земли или планировки.

Обводнительные трубопроводы при обводнении пастбищ, также как и оросительные, являются трубопроводами сезонного действия, в зимнее время не функционируют и проектируются с минимальной глубиной заложения, определяемой по минимальной допустимой высоте засыпки из условий сохранности труб:

$$h_{\min} = \Delta h + D_{\text{н}}. \quad (4)$$

Дно траншеи под напорные трубопроводы проектируется с учетом характера поверхности по трассе трубопровода, ориентируясь на минимально возможные объемы земляных работ. Минимальными объемы земляных работ будут тогда, когда дно траншеи проектируется параллельным поверхности земли. Это возможно в том случае, если рельеф местности спокойный и на профиле имеется не более 2–3 переломов линии дна траншеи на каждый километр длины трубопровода. В противном случае дно траншеи спрямляется при условии выдерживания минимальной глубины траншеи, что приводит к некоторому увеличению объемов земляных работ. Однако, так как в точках резкого изменения уклонов дна траншеи необходимо устраивать упоры различных конструкций, в большинстве случаев идут на некоторое увеличение объемов земляных работ за счет спрямления дна траншеи.

Линия дна траншеи на продольном профиле проектируется путем анализа различных вариантов её расположения при незначительном увеличении глубин выемки по трассе трубопровода. Для этого на продольном профиле трубопровода в точках явно выраженных понижений местности откладывается вниз от линии поверхности земли минимальная глубина траншеи h_{\min} . Затем проводится линия дна траншеи так, чтобы увеличение глубин на профиле было несущественным и во всех точках выполнялось условие:

$$h_{\text{тр}} \geq h_{\min}, \quad (5)$$

где $h_{\text{тр}}$ — глубина траншеи в рассматриваемом створе, м.

Дно траншеи под безнапорные трубопроводы проектируется с учетом проектных уклонов трубопровода, устанавливаемых гидравлическим расчетом по СНиП 3.05.04–85* «Канализация. Наружные сети и сооружения» в целях обеспечения расчетных скоростей течения воды и наполнения труб. При этом глубина заложения дворовой или внутриквартальной канализационной сети на начальном участке (в наиболее удаленном колодце) определяется по формуле (2). Начальная глубина заложения уличной сети тогда равна (рис. 2):

$$H_{\min} = h_{\min} + i(L + l) + z_1 - z_2 + \Delta, \quad (6)$$

где h_{\min} — минимальная глубина заложения дворовой или внутриквартальной трубы в наиболее удаленном колодце, м;

i — уклон дворовой или внутриквартальной сети. Минимальные уклоны при этом равны: $i = 0,008$ — для труб диаметром 150 мм и $i = 0,007$ — для труб диаметром 200 мм. Следует помнить, что минимальные диаметры труб

внутриквартальной сети принимаются равными 200 мм для общесплавной и 150 мм для раздельной систем канализации СНиП 3.05.04–85*;

L — длина дворовой или внутриквартальной сети на участке от контрольного колодца (КК) до наиболее удаленного выпуска в колодец (К1), м;

l — длина трубы от контрольного колодца (КК) до смотрового колодца уличной сети (ГК), м;

z_1 и z_2 — отметки поверхности земли соответственно у колодца на улице и наиболее удаленного колодца дворовой или внутриквартальной сети, м;

Δ — перепад между лотками соединительной ветки и уличной трубы, м.

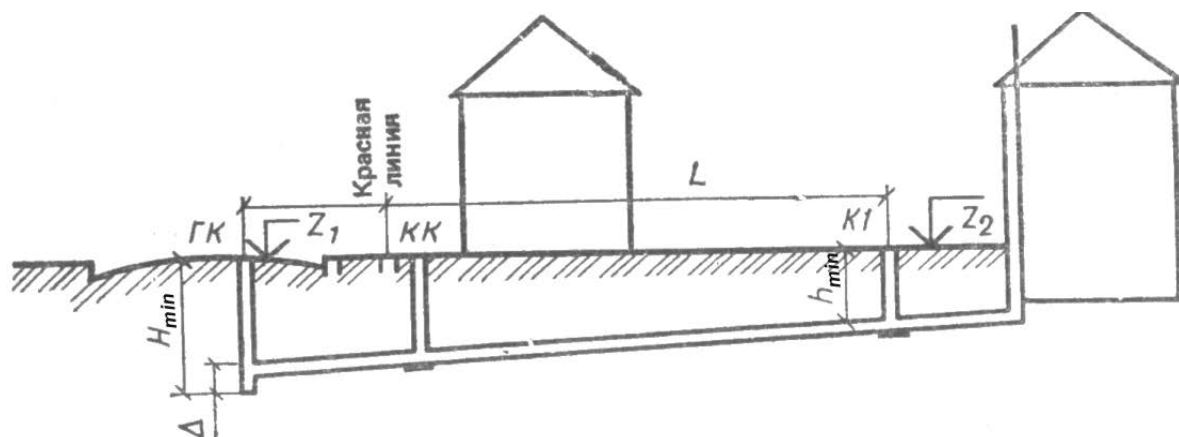


Рис. 2. Схема к определению начальной глубины заложения уличной канализационной сети

При построении продольного профиля уличной сети в месте расположения наиболее удаленного колодца откладывается вниз от поверхности земли минимальная глубина траншеи H_{\min} . Затем проводится линия дна траншеи с проектным уклоном так, чтобы во всех точках профиля выполнялось условие (5).

Гидравлический расчет канализационной сети и тесно связанное с ним построение продольного профиля — занятие весьма трудоемкое. Поэтому в практике современного проектирования наружных сетей канализации широкое распространение получили системы автоматизированного проектирования на базе AutoCAD (ИнжКАД, КасКАД, «Профили наружных сетей» PVS и др.), разработанные отечественными и зарубежными компаниями. Они позволяют произвести гидравлический расчет и вывести на печать основной комплект чертежей и документации: спецификацию оборудования и материалов, план сетей и продольные профили аналогичные, приведенному на рис. 3.

Крутизна откосов траншей (м), устраиваемых без крепления стенок в грунтах, находящихся выше уровня подземных вод, назначается по СНиП 12-03-2001 в зависимости от вида грунта и максимальной глубины выемки согласно продольному профилю (табл. 1).

В стесненных условиях городских улиц устройство глубоких траншей с откосами затруднено, что связано со значительной шириной строительной полосы в этом случае. Поэтому в практике строительства сетей

Таблица 1

Наибольшая крутизна устойчивых откосов временных земляных сооружений в грунтах естественной влажности

Виды грунтов	Коэффициент заложения откосов при глубине выемки, м, не более		
	1,5	3	5
Насыпные неуплотненные	0,67	1	1,25
Песчаные и гравийные	0,5	1	1
Супесь	0,25	0,67	0,85
Суглинок	0	0,5	0,75
Глина	0	0,25	0,5
Лессы и лессовидные	0	0,5	0,5

Примечание: при большей глубине выемки (>5 м) крутизна откосов назначается по СП 45.13330.2017 «Земляные сооружения, основания и фундаменты» с учетом всех временных (от машин) и постоянных (от отвалов грунта) нагрузок.

водоснабжения и особенно канализации широко используются траншеи с вертикальными стенками. Однако рытье котлованов и траншей с вертикальными стенками без креплений в нескальных и незамерзших грунтах выше уровня грунтовых вод и при отсутствии вблизи подземных сооружений согласно СНиП 12-03-2001 допускается на глубину не более, м:

1,0 — в насыпных, песчаных и крупнообломочных грунтах;

1,25 — в супесях;

1,50 — в суглинках и глинах;

2,0 — в очень прочных суглинках и глинах.

Большая глубина траншей с вертикальными стенками может быть достигнута при использовании временных креплений различной конструкции (рис. 4).

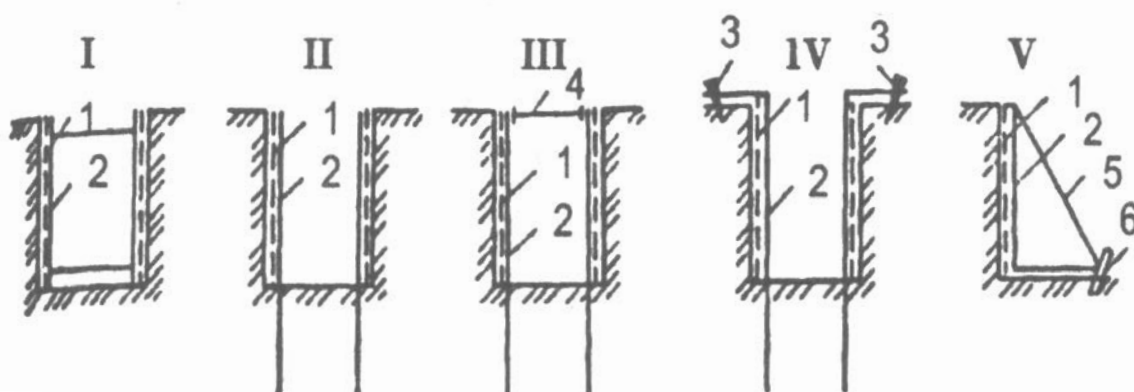


Рис. 4. Типы креплений вертикальных стенок выемок:

I — распорное; II — консольное; III — консольно-распорное;
IV — консольно-анкерное; V — подкосное; 1 — щиты; 2 — стойки (сваи);
3 — анкеры; 4 — распорки; 5 — подкосы; 6 — упоры

Наиболее распространены распорные крепления (рис. 5), состоящие из деревянных щитов 1 размерами 2×0,5 м (сплошных или с прозорами) и металлических трубчатых стоек 2 с отверстиями для крепления разжимных телескопических распорок 3.

При проектировании производства работ следует помнить, что крепление вертикальных стенок траншей удорожает стоимость строительства в среднем на 10–15 % и усложняет процесс укладки и монтажа труб в траншее, что отрицательно сказывается на производительности труда рабочих.

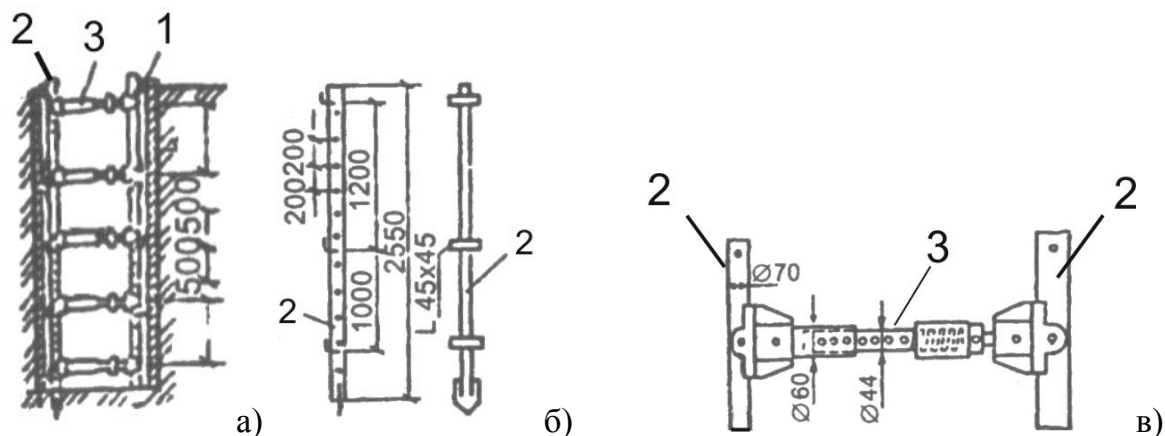


Рис. 5. Инвентарные распорные крепления:

а — общий вид крепления; б — конструкция стойки; в — конструкция распорки

Минимальная ширина траншеи по дну принимается наибольшей из числа величин, удовлетворяющих следующим требованиям:

- под трубопроводы с откосами $m \leq 0,5$ по СП45.13330.2017 «Земляные сооружения, основания и фундаменты» (актуализированная версия СНиП 3.02.01-87) (табл. 2);

- под трубопроводы с откосами $m > 0,5$ не менее наружного диаметра трубы с добавлением 0,5 м при укладке отдельными трубами и 0,3 м — при укладке плетями или секциями;

- разрабатываемых одноковшовыми экскаваторами — не менее ширины режущей кромки ковша с добавлением 0,15 м в несвязных и 0,1 м в связных грунтах;

- разрабатываемых траншейными многоковшовыми экскаваторами — не менее номинальной ширины копания.

Таким образом, минимальная ширина траншеи по дну определяется дважды по зависимостям:

$$b_{\min 1} = D_n + \Delta b_1 \text{ и } b_{\min 2} = b_k + \Delta b_2, \quad (7)$$

где Δb_1 — запас ширины траншеи по дну, который определяется по СП 45.13330.2017 для поперечных сечений с $m \leq 0,5$ (табл. 2), а для траншей с откосами $m > 0,5$ $\Delta b_1 = 0,5$ м при укладке отдельных асбесто-

цементных, бетонных, чугунных и керамических труб и $\Delta b_1 = 0,3$ м, при укладке трубопроводов плетями или секциями из нескольких сваренных вместе полиэтиленовых или стальных труб;

b_k — ширина режущей кромки ковша одноковшового или ширина отрываемой траншеи для многоковшового экскаватора, м. (табл. 5, б);

Δb_2 — запас ширины на обрушение стенок траншеи, м. При использовании одноковшовых экскаваторов $\Delta b_2 = 0,15$ м для несвязных (песок, супесь) и $\Delta b_2 = 0,1$ м для связных (глина, суглинок) грунтов. При использовании траншейных многоковшовых экскаваторов $\Delta b_2 = 0$.

Для последующих расчетов в качестве минимальной ширины траншеи по дну используются большая из полученных двух значений величины b_{\min} .

Таблица 2

Ширина траншей под трубопроводы

Способ укладки трубопроводов	Ширина траншей м без учета креплений при стыковом соединении		
	сварном	раструбном	муфтовым, фланцевом, фальцевом для всех труб и раструбном для керамических труб
Плетями или отдельными секциями при наружном диаметре труб, D_n , м: до 0,7 включительно	$D_n + 0,3$, но не менее 0,7	—	—
св. 0,7	$1,5D_n$	—	—
Отдельными трубами при наружном диаметре труб D_n , м, включительно: до 0,5	$D_n + 0,5$	$D_n + 0,6$	$D_n + 0,8$
от 0,5 до 1,6	$D_n + 0,8$	$D_n + 1,0$	$D_n + 1,2$
„ 1,6 „ 3,5	$D_n + 1,4$	$D_n + 1,4$	$D_n + 1,4$

Размеры кавальеров растительного и минерального грунта устанавливаются по параметрам осреднённого поперечного сечения траншеи. Одним из таких параметров является средневзвешенная глубина выемки минерального грунта:

$$h_{\text{ср.взв.}} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{h_i + h_{i+1}}{2} W_{i-(i+1)}}{\sum_{i=1}^n W_{i-(i+1)}}, \quad (8)$$

где h_i — глубина выемки минерального грунта в i -ом створе по длине трубопровода, м;

h_{i+1} — глубина выемки минерального грунта в смежном с i -ым створе ($i+1$ -ом створе);

n — число створов по трассе трубопровода, шт. Рекомендуется строить продольный профиль поикетно (через каждые 100 м) и по характерным точкам (изломам) местности;

$W_{i-(i+1)}$ — объёмы работ на участках между рассматриваемыми смежными створами, m^3 ;

$W_{\text{мин. гр.}} = \sum_{i=1}^n W_{i-(i+1)}$ — объем выемки минерального грунта по трассе трубопровода, m^3 .

Глубина выемки минерального грунта в i -ом створе устанавливается по зависимости:

$$h_i = \nabla_{\text{поверхности}_i} - \nabla_{\text{дна}_i} - t_{\text{раст.гр.}}, \quad (9)$$

где $\nabla_{\text{поверхности}_i}$ и $\nabla_{\text{дна}_i}$ — отметки поверхности земли и дна траншеи в i -ом створе соответственно, м;

$t_{\text{раст.гр.}}$ — толщина срезки растительного грунта, м. Устанавливается по проекту в зависимости от мощности почвы и составляет в среднем 0,2–0,4 м

Удельный объём выемки минерального грунта составит:

$$\omega_{\text{мин.гр.}} = (b_{\text{тр}} + mh_{\text{ср.взв}})h_{\text{ср.взв}}, \quad m^3/\text{пог. м} \quad (10)$$

При перемещении грунта во временный отвал его объём увеличивается, и удельный объём кавальера минерального грунта будет равен:

$$\omega_{\text{мин.гр.}}^{\text{кав}} = \omega_{\text{мин.гр.}} K_{\text{разр}}^{\text{перв}}, \quad m^3/\text{пог. м}, \quad (11)$$

где $K_{\text{разр}}^{\text{перв}}$ — первоначальный коэффициент разрыхления минерального грунта (табл. 3).

Таблица 3

Коэффициенты первоначального и остаточного разрыхления грунта

Вид грунта	Коэффициент разрыхления		Вид грунта	Коэффициент разрыхления	
	Первоначальный (до 3 ^х месяцев в отвале)	Остаточный (свыше 3 ^х месяцев в отвале)		Первоначальный (до 3 ^х месяцев в отвале)	Остаточный (свыше 3 ^х месяцев в отвале)
Глина ломовая	1,28–1,32	1,06–1,09	Суглинок легкий	1,18–1,24	1,03–1,06
Глина мягкая	1,24–1,30	1,04–1,07	Суглинок тяжелый	1,24–1,30	1,05–1,08
Гравий, галька	1,16–1,20	1,05–1,08	Супесь	1,12–1,17	1,03–1,05
Песок	1,10–1,15	1,02–1,05	Растительный грунт	1,22–1,28	1,05–1,07

Кавальер минерального грунта имеет в сечении форму треугольника с откосами крутизной 1:1 (рис. 7). При таких параметрах кавальера его высота равна

$$h_{\text{мин.гр.}}^{\text{кав}} = \sqrt{\omega_{\text{мин.гр.}}^{\text{кав}}}, \text{ м},$$

а ширина по низу

$$b_{\text{мин.гр.}}^{\text{кав}} = 2h_{\text{мин.гр.}}^{\text{кав}}, \text{ м} \quad (12)$$

В соответствии с требованиями СП 45.13330.2017 проектом должна предусматриваться срезка растительного грунта с поверхности траншеи и основания под кавальер минерального грунта. Допускается не производить срезку при толщине плодородного слоя менее 10 см; на болотах, заболоченных и обводнённых участках; на почвах с низким плодородием; при разработке траншей шириной по верху 1 м и менее.

Ширина полосы срезки растительного грунта составляет в среднем

$$B_{\text{раст.гр.}} = b_{\text{бермы}} + (b_{\text{тр}} + 2mh_{\text{ср.взв.}}) + b_{\text{бермы}} + b_{\text{мин.гр.}}^{\text{кав}}, \quad (13)$$

где $b_{\text{бермы}}$ — минимальная ширина бермы траншеи, м. Для предотвращения осыпания грунта в траншею принимается $\geq 0,5$ м. Для многоковшовых экскаваторов должна учитывать длину транспортера машины.

Удельный объём срезки растительного грунта равен:

$$\omega_{\text{раст.гр.}} = B_{\text{раст.гр.}} t_{\text{раст.гр.}}, \text{ м}^3/\text{пог. м} \quad (14)$$

Растительный грунт на время строительно-монтажных работ перемещается в кавальер удельным объёмом:

$$\omega_{\text{раст.гр.}}^{\text{кав}} = \omega_{\text{раст.гр.}} K_{\text{разр}}^{\text{перв}}, \text{ м}^3/\text{пог. м}, \quad (15)$$

где $K_{\text{разр}}^{\text{перв}}$ — первоначальный коэффициент разрыхления растительного грунта.

Кавальер растительного грунта располагается на расстоянии 3 м от кавальера минерального грунта, что обеспечивает возможность маневрирования бульдозера при обратной засыпке траншеи. Его поперечное сечение имеет форму треугольника с внутренним откосом 1:2,5 и наружным откосом 1:1. При таких параметрах кавальера его высота равна:

$$h_{\text{раст.гр.}}^{\text{кав}} = \sqrt{\frac{\omega_{\text{раст.гр.}}^{\text{кав}}}{1,75}}, \text{ м}, \quad (16)$$

а ширина по низу

$$b_{\text{раст.гр.}}^{\text{кав}} = 3,5h_{\text{раст.гр.}}^{\text{кав}}, \text{ м} \quad (17)$$

Дальность перемещения растительного грунта при этом составляет:

$$L_{\text{пер}} = \frac{B_{\text{расч.сп}}}{2} + 1,0 + 2,5h_{\text{расч.сп.}}^{\text{кас}}, \text{ м} \quad (18)$$

ПРИМЕР 1

Запроектировать траншею в тяжёлых суглинистых грунтах для наружного напорного водопровода из асбестоцементных труб класса ВТ-12 с диаметром условного прохода трубы $D_y=500$ мм при наличии в парке строительной организации экскаваторов: обратная лопата ЭО-3322Б с ёмкостью ковша $0,5 \text{ м}^3$; обратная лопата ЭО-4121А с ёмкостью ковша $0,65 \text{ м}^3$; траншейного роторного экскаватора ЭТР-223А. Район строительства — Ростовская область, г. Новочеркасск. Грунт — тяжелый суглинок.

Минимальная глубина заложения напорных трубопроводов водоснабжения должна быть по формуле (1) на $0,5$ м больше расчетной глубины проникания в грунт нулевой температуры:

$$h_{\text{min}} = h_{\text{пр}} + 0,5 \text{ м} = 0,9 + 0,5 = 1,4 \text{ м},$$

где $h_{\text{пр}} = 0,9$ м — глубина промерзания связного грунта в районе г. Новочеркаска (см *рис. 1*).

Далее, минимальная глубина траншеи проверяется на допустимую минимальную высоту засыпки над верхом трубы:

$$\Delta h = h_{\text{min}} - D_{\text{н}} = 1,4 - 0,55 = 0,85 \text{ м},$$

где $D_{\text{н}} = 0,55$ м — наружный диаметр обточенных концов асбестоцементных труб (см *прил. 1*).

Расчетная высота засыпки грунта над трубой ($\Delta h = 0,85$ м) оказалась менее величины, минимально необходимой для обеспечения сохранности асбестоцементных труб при внешнем воздействии (не менее 1 м). Следовательно, минимальная глубина заложения трубопровода должна быть увеличена на $0,15$ м до $h_{\text{min}} = 1,55$ м

При проектировании дна траншеи строится продольный профиль по трассе трубопровода (*рис. б*) и в точках видимых понижений местности откладывается вниз минимальная глубина $h_{\text{min}} = 1,55$ м и проводятся прямые линии дна так, чтобы глубина выемки по длине трубопровода увеличивалась не очень существенно, но нигде не встречались бы точки с глубинами $h_{\text{тр}} < h_{\text{min}}$. В примере рассматриваются два варианта линий дна траншеи, хотя их может быть и больше. Один вариант с переломом по дну в створе СС', другой — с переломом в створе ДД". Визуальная оценка позволяет отдать предпочтение варианту по линии А'С'Д"Ф", т. е. с переломом в створе ДД".

Когда возникают сомнения в оценке вариантов, находится среднеарифметическое значение глубины для участка (или участков). Для линии С'F'

$$h_{cp1} = \frac{h_{cc'} + h_{dd'} + h_{ee'} + h_{ff'}}{4} = \frac{1,55 + 1,55 + 1,55 + 1,80}{4} = 1,61 \text{ м,}$$

а для линии С'Д''F''

$$h_{cp2} = \frac{h_{cc'} + h_{dd''} + h_{ee'} + h_{ff''}}{4} = \frac{1,55 + 1,62 + 1,55 + 1,55}{4} = 1,57 \text{ м}$$

Левая часть профиля от створа АА' до створа СС' в обоих случаях одинакова, поэтому предпочтение и отдаётся линии А'Д''F'', где объёмы работ будут меньше, так как $h_{cp2} < h_{cp1}$.

На профиле определяются с учетом вертикального (М 1:100) и горизонтального (М 1:25000, М 1:10000, М 1:5000, М 1:1000) масштабов отметки дна траншеи в створах АА', ДД'' и FF'' (они равны соответственно 4,54 м; 5,19 м; 5,94 м). По разности отметок в двух смежных створах траншеи и расстоянию между ними вычисляются уклоны дна:

$$i_{A'D''} = \frac{5,19 - 4,54}{725} = 0,0009;$$

$$i_{D''F''} = \frac{5,94 - 5,19}{250} = 0,003$$

и заносятся в соответствующую строку боковика продольной профиля. Остальные отметки дна траншеи вычисляются по зависимости:

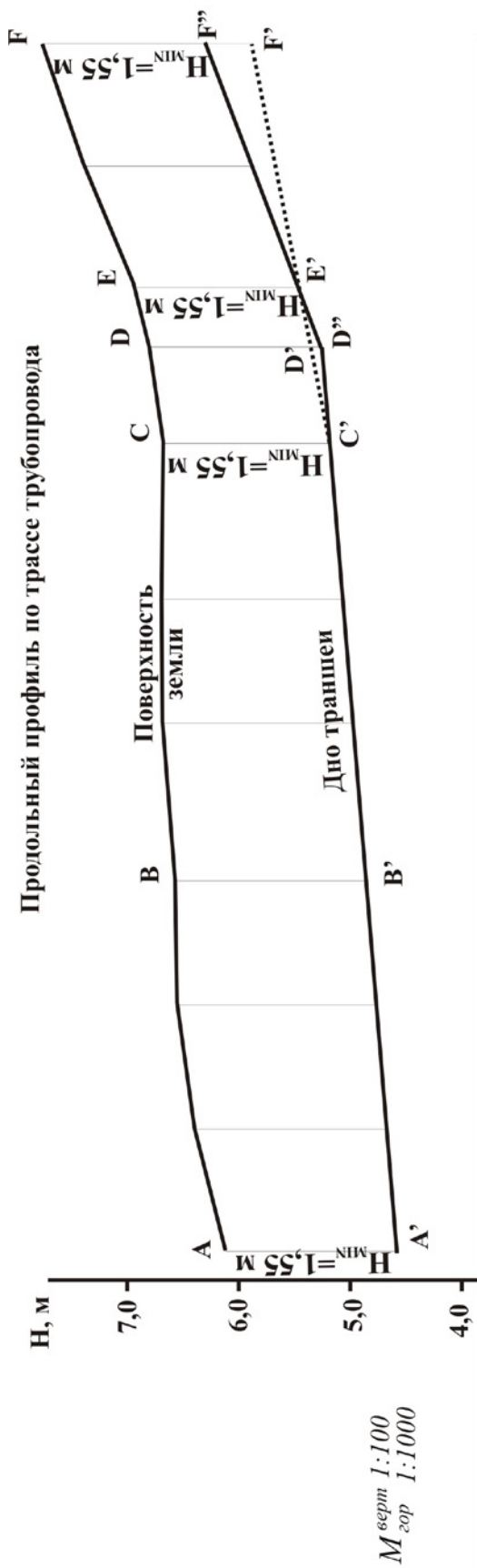
$$\nabla B' = \nabla A' - i_{A'D''} \times L_{A'B'},$$

где $\nabla A'$ — отметка дна траншеи в предыдущем створе АА', м;
 $\nabla B'$ — искомая отметка дна траншеи в створе ВВ', м;
 $i_{A'D''}$ — уклон дна траншеи на расчетном участке;
 $L_{A'B'}$ — расстояние между створами, м

$$\nabla B' = 4,54 + 0,0009 \times 300 = 4,81 \text{ м}$$

Остальные отметки во всех точках перелома поверхности земли и дна траншеи определяются аналогичным образом

Полная глубина траншеи вычисляется как разность между отметками поверхности земли и дна траншеи в рассматриваемом створе. Наибольшая глубина траншеи в примере равна $h_{\max} = 1,76$ м (см. рис. б). Для максимальной глубины траншеи свыше 1,5 м в пределах до 3,0 м коэффициент заложения откосов при тяжелых суглинистых грунтах согласно СНиП 12-03-2001 составляет $m = 0,5$ (см табл. 1).



Отметки пов-ти земли	6,09	6,30	6,42	6,46	6,67	6,68	6,66	6,81	6,89	7,24	7,49
Длина	725										
Уклон	0,0009										
Верха труб-да	4,54	5,09	5,27	5,36	5,46	5,56	5,66	5,74	5,89	6,19	6,49
Дна траншеи	4,54	5,18	5,27	5,36	5,46	5,56	5,66	5,74	5,89	6,19	6,49
Спланир. трассы	4,54	5,18	5,27	5,36	5,46	5,56	5,66	5,74	5,89	6,19	6,49
Глубина выемки мин. гр.	1,20	1,32	1,35	1,30	1,41	1,32	1,20	1,27	1,20	1,25	1,20
Объем выемки мин. гр.	250	269	269	267	278	278	311	182	121	241	241
Расстояние	100	100	100	100	100	100	125	75	50	100	100
Пикеты	ПК0	ПК1	ПК2	ПК3	ПК4+25	ПК5+25	ПК6+50	ПК7+75	ПК8+75	ПК9+75	
Уд.объем мин.гр.(на 100 м)	250	269	269	267	278	278	249	243	242	241	241
Значения уд.объемов по уча-ку	250										
MIN	250										
MAX	278										

Рис. 6. Схема к проектированию траншеи под напорный трубопровод водоснабжения

Минимальная ширина траншеи по дну определяется по зависимостям:

$$b_{\min 1} = D_{\text{н}} + \Delta b_1 = 0,55 + 0,8 = 1,35 \text{ м}$$

и

$$b_{\min 2} = b_{\text{к}} + \Delta b_2 = 0,9 + 0,1 = 1,0 \text{ м},$$

где $\Delta b_1 = 1,0 \text{ м}$ — запас ширины траншеи по дну, который определяется по СП 45.13330.2012 как для траншеи с откосами крутизной $m = 0,5$ (см *табл. 2*). При этом учитывается, что асбестоцементные трубы наружным диаметром. $D_{\text{н}} = 0,55 \text{ м}$ соединяются муфтами и укладываются в траншею отдельными трубами;

$b_{\text{к}} = 0,9 \text{ м}$ — ширина режущей кромки ковша экскаватора обратная лопата с ёмкостью ковша $q = 0,5 \text{ м}^3$ (см *табл. 4*);

$\Delta b_2 = 0,1 \text{ м}$ — запас ширины траншеи на обрушение её стенок при работе экскаватора обратная лопата в связных (тяжёлый суглинок) грунтах.

Таблица 4

Ведомость подсчёта объёмов работ

Пикеты	Глубина выемки минерального грунта $h_i, \text{ м}$	Площадь сечения Выемки $\omega_i, \text{ м}^2$	Средняя площадь сечения выемки $\omega_{i-(i+1)}, \text{ м}^2$	Расстояние между створами $l_{i-(i+1)}, \text{ м}$	Объём выемки минерального грунта $W_{i-(i+1)}, \text{ м}^3$
0	1,20	2,34			
1	1,32	2,65	2,50	100	250,0
2	1,35	2,73	2,69	100	269,0
3	1,30	2,60	2,67	100	267,0
4+25	1,41	2,90	2,75	125	343,75
5+25	1,32	2,65	2,78	100	278,0
6+50	1,20	2,34	2,49	125	311,25
7+25	1,27	2,52	2,43	75	182,25
7+75	1,20	2,34	2,43	50	121,5
8+75	1,25	2,47	2,41	100	241,0
9+75	1,20	2,34	2,41	100	241,0
Итого:				975	2504,75

В дальнейших расчётах используется большая из двух величин:

$$b_{\text{тр}} = b_{\min 1} = 1,35 \text{ м}$$

При использовании экскаватора обратная лопата с ёмкостью ковша $q = 0,65 \text{ м}^3$ первое выражение для определения минимальной ширины траншеи по дну не изменяется, а второе выражение равно:

$$b_{\min 2} = b_{\text{к}} + \Delta b_2 = 1,05 + 0,1 = 1,15 \text{ м},$$

следовательно, ширина траншеи по дну также равна: $b_{\text{тр}} = b_{\min 1} = 1,35 \text{ м}$.

При разработке грунта в траншее многоковшовым экскаватором. ЭТР-223А первое выражение для определения минимальной ширины траншеи по дну не изменяется, а второе выражение для определения минимальной ширины траншеи по дну будет равно:

$$b_{\min 2} = b_k + \Delta b_2 = 1,5 + 0 = 1,5 \text{ м,}$$

а ширина траншеи по дну в этом случае составит $b_{\text{тр}} = b_{\min 2} = 1,5 \text{ м}$

Траншея, отрываемая специализированными многоковшовыми экскаваторами, имеет прямоугольный или трапецеидальный профиль. Во втором случае откосы боковых стенок образуются ножевыми или цепными откосообразователями и имеют крутизну до 1:0,25. По условиям безопасности производства работ откосы траншеи должны быть не круче 1:0,5 и, следовательно, работа экскаватора с ножами-откосниками не целесообразна, т. к. ведёт к снижению производительности машины, но не обеспечивает требуемую СНиП 12-03-2001 устойчивость откосов. Поэтому рекомендуется устройство экскаватором. ЭТР-223А траншеи прямоугольного сечения с последующим креплением вертикальных стенок распорными креплениями. Необходимость крепления обуславливается тем, что устройство траншей без креплений согласно СНиП 12-03-2001 допускается в суглинках на глубину не более 1,5 м

С учетом результатов построения продольного профиля по трассе трубопровода определяем средневзвешенную глубину выемки минерального грунта:

$$h_{\text{ср.взв.}} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{h_i + h_{i+1}}{2} W_{i-(i+1)}}{\sum_{i=1}^n W_{i-(i+1)}} =$$

$$= \frac{0,5(1,2 + 1,32)250 + 0,5(1,32 + 1,35)269 + 0,5(1,35 + 1,3)267 + 0,5(1,3 + 1,41)343,8 + 0,5(1,41 + 1,32)278 + \rightarrow}{250 + 269 + 267 + 343,8 + 278}$$

$$\rightarrow \frac{+ 0,5(1,32 + 1,2)311,3 + 0,5(1,2 + 1,27)182,3 + 0,5(1,27 + 1,2)121,5 + 0,5(1,2 + 1,25)241 + 0,5(1,25 + 1,2)241}{311,3 + 182,3 + 121,5 + 241 + 241} =$$

$$= 1,29 \text{ м}$$

Глубина выемки минерального грунта в каждом из 11 створов по длине трубопровода устанавливалась следующим образом:

– створ 1 (АА')

$$h_1 = \nabla_{\text{поверхности}_1} - \nabla_{\text{дна}_1} - t_{\text{паст.зр.}} = 6,09 - 4,54 - 0,35 = 1,2 \text{ м;}$$

.....

– створ 4 (BB')

$$h_4 = \nabla_{\text{поверхности}_4} - \nabla_{\text{дна}_4} - t_{\text{раст.гр.}} = 6,46 - 4,81 - 0,35 = 1,3 \text{ м};$$

.....
– створ 11 (FF'')

$$h_{11} = \nabla_{\text{поверхности}_{11}} - \nabla_{\text{дна}_{11}} - t_{\text{раст.гр.}} = 7,49 - 5,94 - 0,35 = 1,2 \text{ м}$$

Толщина срезки растительного грунта принята по проекту $t_{\text{раст.гр.}} = 0,35 \text{ м}$.

При определении объёмов работ на участках между створами $W_{i-(i+1)}$ в формуле (8) допускается использование рекомендованных СНиПом параметров траншеи ($b_{\text{тр}} = 1,35 \text{ м}$ и $m = 0,5$). Расчет целесообразно вести в таблице установленной формы.

При разработке минерального грунта в выемке одноковшовыми экскаваторами с ёмкостью ковша 0,4 и 0,65 м³ ширина траншеи по дну составляет $b_{\text{тр}} = 1,35 \text{ м}$. В этом случае удельный объём выемки минерального грунта равен:

$$\omega_{\text{мин.гр.}} = (b_{\text{тр}} + mh_{\text{ср.взв}})h_{\text{ср.взв}} = (1,35 + 0,5 \times 1,29)1,29 = 2,57 \text{ м}^3/\text{пог. м},$$

а удельный объём кавальера минерального грунта с учётом его разрыхления составит:

$$\omega_{\text{мин.гр.}}^{\text{кав}} = \omega_{\text{мин.гр.}} K_{\text{разр}}^{\text{перв}} = 2,57 \times 1,27 = 3,26 \text{ м}^3/\text{пог. м},$$

где $K_{\text{разр}}^{\text{перв}} = 1,27$ — первоначальный коэффициент разрыхления тяжёлого суглинка (см. табл. 3).

При крутизне откосов кавальера минерального грунта 1:1 высота кавальера составит:

$$h_{\text{мин.гр.}}^{\text{кав}} = \sqrt{\omega_{\text{мин.гр.}}^{\text{кав}}} = \sqrt{3,26} = 1,8 \text{ м},$$

а ширина по низу будет равна

$$b_{\text{мин.гр.}}^{\text{кав}} = 2h_{\text{мин.гр.}}^{\text{кав}} = 2 \times 1,8 = 3,6 \text{ м}$$

Срезка растительного грунта ведётся с полосы шириной

$$B_{\text{раст.гр.}} = b_{\text{бермы}} + (b_{\text{тр}} + 2mh_{\text{ср.взв}}) + b_{\text{бермы}} + b_{\text{мин.гр.}}^{\text{кав}} = \\ = 0,5 + (1,35 + 2 \times 0,5 \times 1,29) + 0,5 + 3,6 = 7,24 \text{ м}$$

Удельный объём срезки растительного грунта равен:

$$\omega_{\text{раст.гр.}} = B_{\text{раст.гр.}} t_{\text{раст.гр.}} = 7,24 \times 0,35 = 2,6 \text{ м}^3/\text{пог. м}$$

С учётом разрыхления растительного грунта при его разработке и перемещении удельный объём кавальера равен

$$\omega_{раст.гр.}^{кав} = \omega_{раст.гр.} K_{разр}^{перв} = 2,6 \times 1,25 = 3,26 \text{ м}^3/\text{пог. м},$$

где $K_{разр}^{перв} = 1,25$ — среднее значение коэффициента первоначального разрыхления для растительного грунта.

Параметры кавальера растительного грунта равны:

$$\text{– высота } h_{раст.гр.}^{кав} = \sqrt{\frac{\omega_{раст.гр.}^{кав}}{1,75}} = \sqrt{\frac{3,26}{1,75}} = 1,36 \text{ м},$$

$$\text{– ширина по низу } b_{раст.гр.}^{кав} = 3,5 h_{раст.гр.}^{кав} = 3,5 \times 1,36 = 4,77 \text{ м}$$

Дальность перемещения растительного грунта составляет:

$$L_{пер} = \frac{B_{раст.гр.}}{2} + 1,0 + 2,5 h_{раст.гр.}^{кав} = \frac{7,24}{2} + 1,0 + 2,5 \times 1,36 = 8,02 \text{ м}$$

Аналогичные расчёты выполняются и для случая применения траншейного роторного экскаватора ЭТР-223А. Опуская промежуточные расчёты приведём их основные результаты:

$$\omega_{мин.гр.} = 1,94 \text{ м}^3/\text{пог. м}; h_{мин.гр.}^{кав} = 1,57 \text{ м}; b_{мин.гр.}^{кав} = 3,14 \text{ м};$$

$$B_{раст. гр.} = 5,64 \text{ м};$$

$$\omega_{раст.гр.} = 2,7 \text{ м}^3/\text{пог. м}; h_{раст.гр.}^{кав} = 1,4 \text{ м}; b_{раст.гр.}^{кав} = 4,9 \text{ м};$$

$$L_{пер} = 6,27 \text{ м}, B_{стр. полосы} = 13,54 \text{ м}.$$

По результатам расчётов вычерчивается в выбранном масштабе поперечное сечение сооружений строительной полосы для случая применения комплекта машин с минимальными прямыми затратами (см. пример № 2). Чаще всего схема размещения отвалов (кавальеров) грунта односторонняя, с их размещением с одной стороны, а другую сторону оставляют свободной для проезда и возможности выполнения сварочно-монтажных и изоляционных работ (см. *рис. 7*).

1.2. Подбор комплекта машин для производства земляных работ

Подбор комплекта машин осуществляется следующим образом:

1. Из перечня строительных операций выделяется основная операция, т. е. имеющая наибольшую трудоемкость.

Для земляных работ при строительстве трубопроводов основной операцией является разработка минерального грунта в траншее экскаватором.

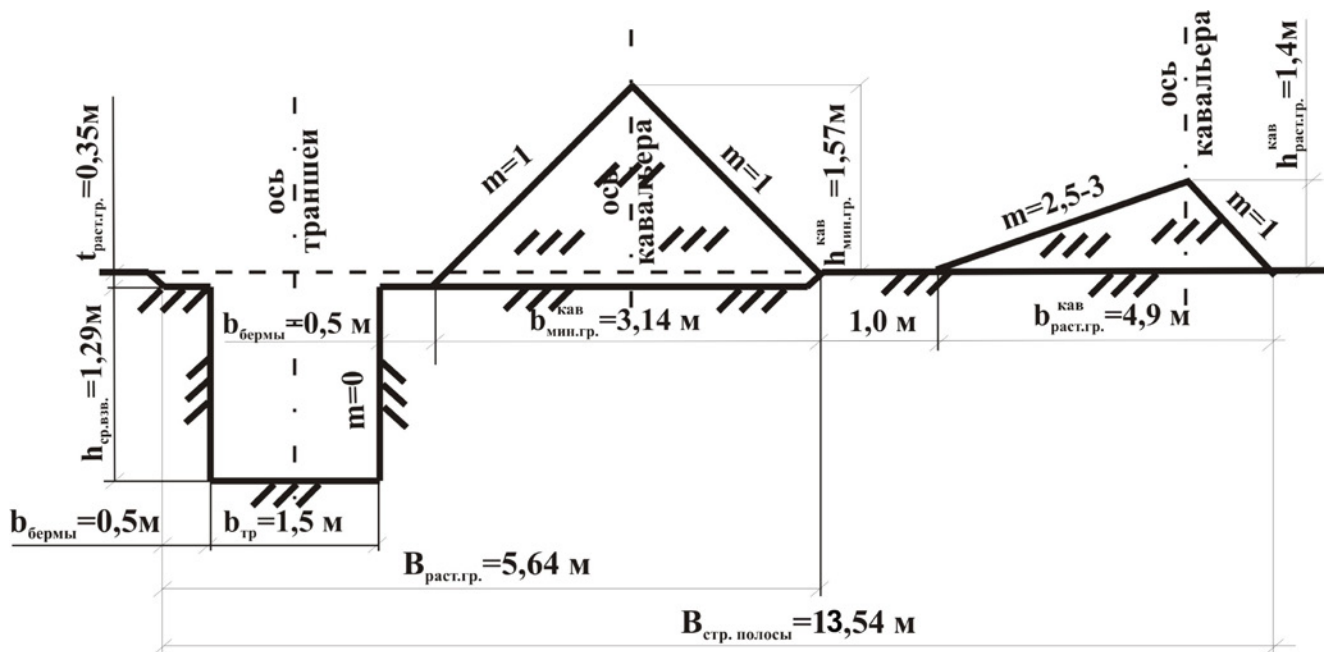


Рис. 7. Поперечное сечение временных земляных сооружений

2. Для основной операции подбирается по рабочим параметрам машина или механизм, именуемый ведущим.

Разработка минерального грунта в траншее под трубопровод ведется, как правило, одноковшовыми экскаваторами с рабочим оборудованием обратная лопата или многоковшовыми траншейными роторными и цепными экскаваторами.

При рытье траншей одноковшовыми экскаваторами возможны следующие две схемы разработки:

- 1) движение экскаватора по оси траншеи с односторонней выгрузкой грунта (продольный способ, рис. 8 “а”);
- 2) движение экскаватора параллельно оси траншеи со смещением в сторону отвала и односторонней выгрузкой грунта (поперечный способ, рис. 8 “б”). При этом должны соблюдаться следующие условия:

продольный способ

$$A \leq R_{\text{выгр}}$$

$$b_{\text{тр}} > b_{\text{к}}$$

$$h_{\text{макс}} \leq H_{\text{рез}}$$

$$h_{\text{мин.гр.}}^{\text{кав}} < H_{\text{выгр}}$$

поперечный способ

$$A_0 \leq R_{\text{рез}} + R_{\text{выгр}}$$

$$b_{\text{тр}} > l_{\text{к}}$$

$$h_{\text{макс}} \leq H_{\text{рез}}$$

$$h_{\text{мин.гр.}}^{\text{кав}} < H_{\text{выгр}}$$

где $R_{\text{выгр}}$, $H_{\text{выгр}}$ — наибольший радиус и высота выгрузки принятого к производству работ экскаватора, м (табл. 5);

$H_{\text{рез}}$, $R_{\text{рез}}$ — наибольшая глубина и радиус копания экскаватора, м (табл. 5);

$b_{\text{к}} \approx l_{\text{к}}$ — ширина и длина ковша экскаватора, м (табл. 5).

Таблица 5

Технико-экономические показатели показатели одноковшовых экскаваторов «обратная лопата»

Показатели	ЭО-2621	ЭО-3333	ЭО-3322Б	ЭО-4321А	ЕК-18	ЕК-14	ЕК-12
Вместимость ковша, м ³	0,25	0,4	0,5	0,65	1,0	0,65	0,5
Ширина ковша, м	0,7	0,8	0,9	1,05	1,2	1,05	0,9
Наибольший радиус копания, м	4,7	8,5	7,6	9,1	9,1	8,2	8,07
Наибольший радиус выгрузки, м	3,9	6,6	6,6	7,4	8,8	7,9	7,8
Наибольшая глубина копания, м	3,0	4,8	4,2	5,8	5,77	4,89	5,08
Наибольшая высота выгрузки, м	2,8	4,0	4,8	5,0	6,24	5,72	6,5
Стоимость одного машино-часа, руб. (на 1.01.2000 г.)	78,4	98,1	110,0	124,0	149,6	124,0	110,0

Таблица 6

Технико-экономические показатели траншейных многоковшовых экскаваторов

Показатели	ЭТЦ-252А	ЭТР-204А	ЭТР-223А	ЭТР-224А	ЭТР-253А	ЭТР-254
Вместимость ковшей, л	--	140	160	85	250	150
Наибольшая глубина траншеи, м	2,5	2,0	2,2		2,5	
Ширина траншеи, м	0,8; 1,0	1,2	1,5	0,85	2,1	1,6; 2,1; 2,4
– по дну b_k						
– по верху (при работе с откосниками)	2,8 (при ширине по дну 1,0 м)	2,3	2,56	1,85	3,2	2,7...3,6
– начало откоса от дна	0	0,6	0,6	0,6	1,2	1,0
Расстояние от оси траншеи до отвала, м	3,5		4,0		6,0	
Стоимость одного машино-часа, руб. (на 1.01.2000 г.)	251,0	521,1	500,9	521,1	867,3	

Расстояние между осями траншеи и кавальера мин. грунта равно:

$$A = \frac{b_{mp} + 2mh_{\max}}{2} + b_{\text{бермы}} + m_1 \times h_{\text{мин.гр.}}^{\text{кав}}, \quad (19)$$

где m_1 — коэффициент заложения откосов кавальера минерального грунта ($m_1 = 1,0$);

h_{\max} — максимальная глубина траншеи по продольному профилю, м

Расстояние от оси кавальера до бровки внешнего откоса забоя при поперечном способе разработки равно:

$$A_0 = A + \frac{b_{mp} + 2mh_{\max}}{2}. \quad (20)$$

При использовании многоковшовых траншейных экскаваторов необходимо соблюдение следующих условий:

$$b_{\text{тр}} = b_{\text{к}}$$

$$h_{\max} \leq H_{\text{рез}}$$

где $b_{\text{к}}$ и $H_{\text{рез}}$ — ширина и наибольшая глубина отрываемой траншеи соответственно (табл. 6).

При максимальной глубине траншеи h_{\max} , большей глубины отрываемой экскаватором траншеи $H_{\text{рез}}$, требуется устройство выемки определённой глубины («корыта») с помощью бульдозеров или скреперов, а затем рытьё траншеи до заданной глубины с использованием многоковшового экскаватора.

3. По мощности ведущей машины подбираются вспомогательные машины и механизмы.

На земляных работах в качестве вспомогательной машины используется бульдозер, применяемый на срезке растительного грунта и обратной засыпке траншеи. Марку бульдозера можно установить по табл. 8 в зависимости от рекомендуемой мощности базового трактора (табл. 7). Предпочтение следует отдавать бульдозерам с поворотным отвалом, облегчающим процесс обратной засыпки траншеи.

Таблица 7

Примерный перечень машин, объединяемых в составе комплектов для производства земляных работ

Ведущая машина	Одноковшовый экскаватор с ковшом ёмкостью, м ³			Многоковшовый траншейный экскаватор
	0,25–0,4	0,5–0,65	1,0–1,25	
Вспомогательная машина	Бульдозер на базе трактора мощностью, КВт			
	59	79–96	118–132	118–132

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru