

6. Для чего применяют, как устроены и как работают виброплиты? Опишите принцип действия вибратора направленных колебаний. Чем отличаются одномасные виброплиты от двухмассных? Объясните самопередвижение одномасной виброплиты.

7. Для чего предназначена, как устроена и как работает ударно-вибрационная машина?

8. Для уплотнения каких грунтов применяют виброкатки? Каким устройством создаются направленные колебания вальца катка?

9. Какой эффект достигается совместным действием гравитационных и вынуждающих сил?

Глава 15. Технические средства для гидромеханизации.

15.1. Общие сведения.

Гидромеханизацией называют способ механизации земляных работ, при котором все или основные технологические процессы выполняются за счет энергии потока воды. Этим способом в гидротехническом строительстве возводят плотины, дамбы и насыпи, разрабатывают котлованы под различные гидротехнические сооружения, каналы, углубляют водоемы, добывают и транспортируют песчано-гравийные материалы.

В оборудовании, реализующем способ гидромеханизации, используют устройства для разрушения грунтов как струей воды, так и механическим путем с последующим транспортированием продуктов разрушения в потоке воды и укладкой в земляное сооружение. При гидравлическом разрушении требуемое давление потока воды создается водяным насосом, а струя формируется и направляется на забой гидромонитором.

При гидромониторной разработке (рис. 15.1, а) грунт размывается струей воды, выбрасываемой под большим напором из гидромонитора 1. Размытый гидромонитором грунт вместе с водой в виде пульпы стекает в специальное углубление (зумпф) 2, откуда забирается центробежным грунтовым насосом – землесосом 3, специально приспособленным для перекачки воды с грунтом и камнями, размер которых (в зависимости от размеров и мощности землесоса) достигает 100...200 и даже 300 мм. Землесос нагнетает пульпу в трубопровод – пульповод 4 и перемещает ее к месту укладки. После дренажа воды оставшийся в зоне, ограниченной обвалованием 5, грунт образует тело земляного сооружения 6 или штабель песка, гравия, песчано-гравийной смеси для последующего использования как строительного материала. При организации гидромониторных работ стремятся максимально использовать рельеф местности, который позволяет в отдельных случаях транспортировать пульпу к месту укладки самотеком по желобам или канавам, упрощая этим состав оборудования. При механогидравлическом способе, применяемом в условиях трудноразмываемых грунтов, предварительная разработка, т.е. отделение грунта от забоя, выполняется бульдозером или экскаватором, а затем грунт размывается гидромонитором и землесосом подается в систему. Плавающие землесосные снаряды (земснаряды) являются наиболее производительными средствами гидромеханизации, получившими большое применение для разработки грунта путем всасывания его вместе с водой, транспортировки его и укладки в земляное сооружение. Если всасывание грунта происходит с одновременным механическим рыхлением под водой, то такой способ называется рефулерным. Производительность современных земснарядов достигает 12000 м³/ч пульпы или примерно 1200...1500 м³/ч грунта.

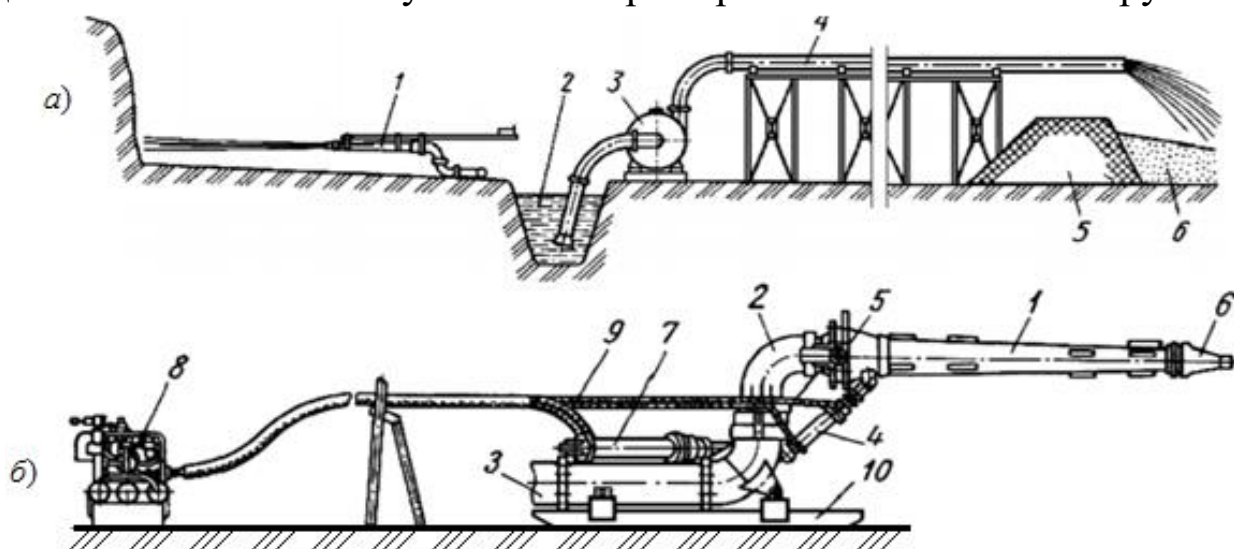


Рис. 15.1. Схема разработки грунта гидромонитором (а); гидромонитор (б).

При любом способе гидромеханизации пульпа забирается землесосом и транспортируется по трубам – пульпопроводам, которые могут быть направлены горизонтально, наклонно и вертикально. В тело земляного сооружения грунт укладывается при помощи разводящего пульпопровода. При ширине намываемой насыпи 25 м и более насыпь по длине разбивается на отдельные участки – «карты»; для менее широких насыпей применяется система намыва с центральной эстакады, на которой монтируется разводящий пульпопровод с выпускными отверстиями. Вследствие потери скорости у выхода из пульпопровода вода теряет несущую способность: грунт оседает, а осветленная вода отводится через специальные колодцы и отводящие штольни. Гидромеханизация обеспечивает высокую производительность труда и высокое качество возводимых сооружений, не требуя искусственного уплотнения грунта при укладке его в земляное сооружение. Особенностью гидромеханизации, определяющей возможность ее применения, является зависимость от природных условий, т.е. от наличия водных ресурсов и грунта, хорошо поддающегося размыву. Наряду с оборудованием общего назначения (водяные насосы, силовое оборудование, трубопроводы и трубная арматура), для гидравлической разработки и транспортировки грунта применяется специальное оборудование: гидромониторы, землесосы, рыхлители на плавучих землесосных снарядах и др.

Гидромониторы. При гидромониторной разработке разрушение грунта происходит в результате сложного процесса, сочетающего в себе: гидродинамическое воздействие кинетической энергии струи и гидростатическое разрушение грунта совместно с физическим воздействием (смачиванием, растворением и т.д.), а также за счет повышенного давления в порах и трещинах. Вода к гидромонитору подается центробежными насосами. Давление струи в гидромониторе составляет 800...3600 кПа; скорость движения воды достигается 150 м/с. Для размыва 1 м³ грунта требуется 3...15 м³ воды; меньшее значение соответствует мелкозернистым песчаным грунтам. Основными частями гидромонитора (рис. 15.1, б) являются: нижнее колено 3, установленное на салазках 10, верхнее колено 2, имеющее возможность вращаться на 360° относительно нижнего, и ствол 1 с

насадкой 6. Ствол присоединен к верхнему колену через шарнир 5, что позволяет с помощью гидроцилиндра 4 изменять положение ствола относительно верхнего колена в вертикальной плоскости на угол до 90°. Для поворота ствола гидромонитора в горизонтальной плоскости на угол до 120° служит гидроцилиндр 7. Расстояние от гидромонитора до размываемого грунта по условиям техники безопасности должно быть не менее высоты забоя. Для управления мощными гидромониторами применяются поворотные наконечники-дефлекторы. Наличие шарового шарнира и ручки управления позволяет повернуть дефлектор. При этом ствол гидромонитора поворачивается силой реакции воздействия струи на стенку ствола. Управление гидроцилиндрами дистанционное, что позволяет увеличить эффективность разработки грунта за счет установки гидромонитора вблизи размываемой стенки забоя. Гидромониторная установка соединена с пультом управления 8 напорными рукавами 9 длиной до 35 м. Пульт дистанционного управления рассчитан на два гидромонитора. С его помощью управляют подъемом и поворотом стволов обоих гидромониторов, входящих в комплект установки. Он состоит из масляного бака, лопастного насоса, пластинчатого фильтра, предохранительного клапана, двух дросселей, манометра и четырех кранов управления (для двух гидромониторов).

Максимальная дальность полета струи гидромонитора определяется по формуле:

$$L_{\max} = k \cdot H_0 \cdot \sin \varphi, \text{ м.} \quad (15.1)$$

Практически рыхлые породы разрабатываются при длине струи

$$L = (0,25 \dots 0,3) \cdot H_0, \text{ м,} \quad (15.2)$$

где H_0 – напор у насадки в м; φ – угол наклона ствола гидромонитора к горизонту; k – коэффициент сопротивления воздуха, $k = 0,90 \dots 0,95$.

Удельный расход воды на разработку 1 м³ грунта q тоже зависит от свойств породы. Для мелкозернистых песков он равен 5 м³ для крупнозернистых песков и супесей 6...9 м³, а для глин доходит до 14 м³. От удельного расхода воды зависит основной показатель – производительность (расход воды) гидромонитора по породе:

$$Q = Q_1 / q, \text{ (м}^3 \text{/ч);} \quad (15.3)$$

где Q_1 – расход воды через гидромонитор в м³/ч; q – удельный расход воды в м³.

При увеличении высоты забоя удельный расход воды уменьшается, но вместе с тем увеличивается необходимый напор.

Напор струи у насадки гидромонитора зависит от разрабатываемого грунта и составляет (в м вод. ст.): для тяжелого суглинка и глины – 100...150; для среднего суглинка и супеси 70...100; для песка 50...70. Для обеспечения работы гидромониторов применяются центробежные насосы. Обычно в гидромеханизации применяются несамовсасывающие центробежные насосы, поэтому перед началом работы всасывающий шланг и корпус насоса должны заливаться водой, которая вытеснит находящийся в них воздух. Большинство применяемых насосов – одноступенчатые с двусторонним входом воды в рабочее колесо, что предотвращает его осевой сдвиг. В основном применяются насосы с производительностью 180...4700 м³/ч, с манометрическим напором 10...90 м вод. ст., при скорости рабочего колеса 700...2960 об/мин. Мощность на валу насосов в зависимости от производительности и напора определяется по формуле:

$$N = Q \cdot H \cdot k_3 / 102 \eta \cdot 3,6 \quad \text{кВт}, \quad (15.4)$$

где Q – производительность насоса в м³/ч; H – напор, развиваемый насосом, в м вод. ст.; k_3 – коэффициент запаса мощности: $k_3 = 1,3 \dots 1,35$ для мелких, $k_3 = 1,1 \dots 1,15$ для крупных насосов; η – к.п.д. насоса.

Гидравлический транспорт грунта может быть безнапорным (самотечным) и напорным, при котором вода с грунтом движется под давлением. Взвешивание частиц грунта в потоке воды происходит за счет вихревых движений, возникающих при достаточно большой скорости потока. Критической называют скорость, предшествующую началу осаждения частиц породы данной крупности. Условием самотечного гидротранспорта является наличие уклона, обеспечивающего скорость движения пульпы выше критической:

$$i \leq (H_1 - H_2) / L, \quad (15.5)$$

где i – необходимый уклон для транспортировки пульпы; H_1 – высотная отметка для карьера в м; H_2 – высотная отметка верха отвалов в м; L – длина лотка или канавы.

Для транспортировки пульпы с глинистыми породами по лоткам необходим минимальный уклон 0,015...0,025, для песка 0,03...0,05, для гравия 0,04...0,09. При использовании открытых земляных канав уклоны должны быть больше на 20...30%. Напорный гидротранспорт осуществляется по трубам-пульпопроводам с помощью землесосов.

Землесос – центробежный насос, перекачивающий пульпу. Рабочим органом землесоса (рис. 15.2) является рабочее колесо 2,

имеющее две-три лопатки. Рабочее колесо вращается валом 3 от электродвигателя через соединительную муфту. Пульпа по всасывающему патрубку 4 попадает на лопатки рабочего колеса и отбрасывается через напорный патрубок в нагнетательный трубопровод присоединяемый к корпусу 1 землесоса.

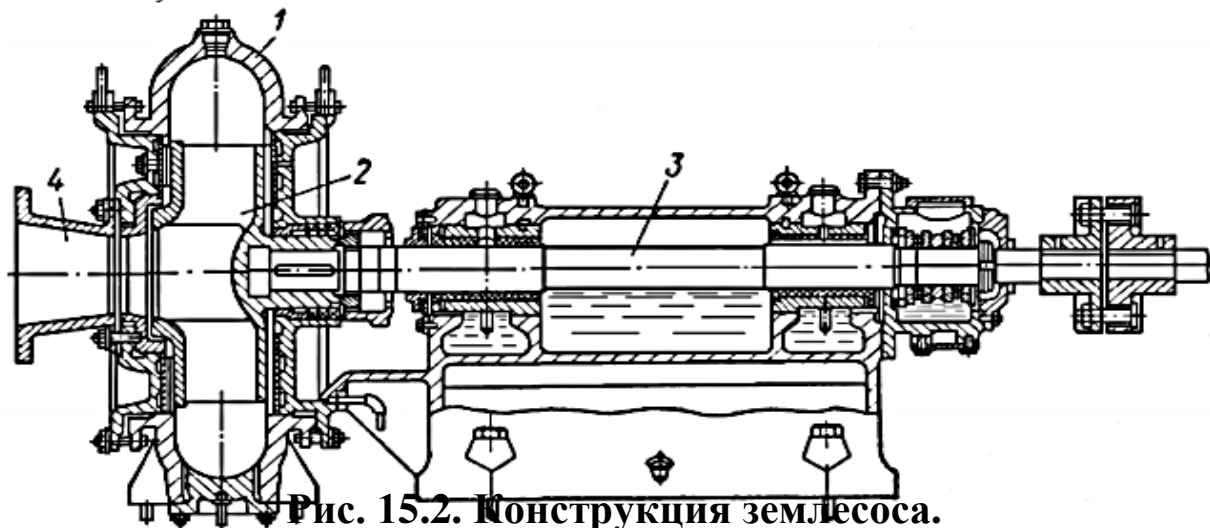


Рис. 15.2. Конструкция землесоса.

Наиболее изнашиваемые детали землесоса изготовляют из марганцовистой стали с содержанием марганца 12...14% или покрывают твердым сплавом. По сравнению с центробежными водяными насосами грунтовые насосы обладают более низкой всасывающей способностью. Это обусловлено тем, что в статическом состоянии находящаяся во всасывающем трубопроводе пульпа имеет большую плотность по сравнению с плотностью воды. В соответствии с принципом сообщающихся сосудов, коими являются водоем и внутренняя полость всасывающего трубопровода, уровень пульпы в последнем будет ниже уровня воды в водоеме. Предельная вакуумметрическая высота всасывания грунтовых насосов, ограниченная возможностью возникновения кавитации, составляет 4...6,8 м.

Кавитация заметно снижает к.п.д. насосов, который в лучшем случае при правильно отрегулированных зазорах и сальниковом уплотнении ведущего вала не превышает 0,7. Более низкое его значение по сравнению с к.п.д. водяных насосов объясняется увеличенными зазорами (объемный к.п.д.), неоптимальными в смысле гидравлики формами и сечениями проточной части насоса, обеспечивающими беспрепятственный пропуск крупных включений (гидравлический к.п.д.), а также повышенным трением в сопрягаемых парах из-за наличия в пульпе грунтовых частиц (механический к.п.д.).

С учетом этих факторов при определении мощности двигателя для грунтового насоса рекомендуется принимать полный к.п.д. равным 0,6.

Производительность землесосов определяют по формуле:

$$Q = 3600 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot v, \quad \text{м}^3/\text{ч.}$$

(15.6)

где D -диаметр пульпопровода в м; v - скорость транспортировки пульпы в м/с.

Средние скорости м/с, необходимые для гидротранспортировки пульпы дано в таблице 15.1

Таблица 15.1.

Средние скорости м/с, необходимые для гидротранспортировки пульпы.

Диаметр пульпопро- ода. в мм.	Глины и суглинк и	Супесь, мелкие и средние пески	Крупные пески	
			Снебольши м содержание м гравия	С большим содержание м гравия
250	1,7	2,0	2,5	2,8
350	2,1	2,2	3,0	3,4
400	2,35	2,6	3,6	4,0\4,6
600	2,7	3,2	4,2	

Грунтовые характеризуются сравнительно невысоким давлением (до 0,8 МПа). При необходимости увеличения напора их устанавливают последовательно, а при недостаточной подаче – параллельно с объединением напорных трубопроводов одним пульповодом.

Необходимый напор: $H = H\Delta + L \cdot i \cdot k_n,$ (15.7)

где $H\Delta$ – геодезическая разность отметок землесоса и отвала; k_n – коэффициент увеличения потерь напора для пульпы; i – гидравлический уклон.

Гидравлический уклон определяется по эмпирическому уравнению:

$$i = \frac{v^2}{c \cdot R} \quad (15.8)$$

где v – скорость движения воды, м/с; R – гидравлический радиус, равный отношению площади сечения трубы к его периметру: $R = A/p$;

c – коэффициент, учитывающий шероховатость стенок, который можно определить по формуле:

$$c = \sqrt[6]{R/m}, \quad (15.9)$$

где m – коэффициент, принимаемый для труб, бывших в употреблении, равным 0,012.

Коэффициент увеличения потерь напора для пульпы k_n зависит от консистенции пульпы.

Консистенция пульпы..... 1:3 1:5 1:8 1:10

K_n 1,6 1,5 1,3 1,2

Гидроукладка грунта достигается путем придания потоку пульпы скорости, при которой частицы выпадают из потока и откладываются на намываемой поверхности. Осветленная вода отводится с помощью специальных колодцев. Скорость потока, необходимая для выпадения из него частиц породы, зависит от их крупности. По мере снижения скорости происходит фракционирование породы. Первыми выпадают наиболее крупные фракции. Наибольшие скорости потока, при которых начинается выпадение частиц, следующие:

Крупность в мм.....1,00,6 0,2 0,06 0,001

Скорость потока в м/с.....1,2 0,7 0,25 0,045 0,081

При намыве дамб, насыпей и других сооружений обычно производят обвалование с обеих сторон намываемого сооружения – так называемый двусторонний намыв. Это позволяет получать откосы с заложением 1:3...1:5. Если не производить обвалования, расход грунта резко увеличивается, так как уклоны свободного откоса при намыве песком равны 0,04...0,1 в зависимости от крупности частиц, а для супесей, суглинков и глин доходят до 0,007...0,02.

Мощность, расходуемая землесосом, определяется по формуле:

$$N = E_{уд} \cdot \Pi_r / 102 \eta, \quad \text{кВт}; \quad (15.10)$$

где $E_{уд}$ – удельный расход электроэнергии на транспортирование 1 м³ грунта;

($W_{уд} = 3 (L + 0,04 \text{ НД})$, кВт·ч/м³); Π_r – количество перемещаемого грунта в м³/ч;

η – к.п.д. землесоса; L – дальность транспортирования в м; НД – геодезическая разность отметок землесоса и отвала.

Землесосные снаряды служат для подводной разработки грунтов, его извлечения из-под воды и перекачивания в смеси с водой к месту укладки.

В гидротехническом строительстве земснарядами разрабатывают котлованы под гидротехнические сооружения, возводят плотины и другие насыпи, разрабатывают песчано-гравийные месторождения. В отличие от дноуглубительных земснарядов, применяемых в речном хозяйстве, строительные земснаряды не приспособлены для работы на судоходных фарватерах и чаще всего не имеют автономных силовых установок, а их насосы рассчитаны на обеспечение больших напоров. Земснаряды оборудованы устройствами грунтозабора и транспортирования пульпы. В состав грунтозаборных устройств входят гидромониторы для гидравлического разрыхления грунта или механические рыхлители.

Легкие грунты всасываются в потоке воды без предварительного рыхления. В качестве всасывающих агрегатов применяют в основном грунтовые насосы. Они же служат для подачи пульпы в пульповод и поддержания в нем необходимого напора для ее транспортирования. Известны также водоструйные (эжекторные) всасывающие агрегаты, а также агрегаты, выполненные на основе эрлифтов (см. ниже). Транспортная система представляет собой плавучий (на понтонах) или подвесной (на стреле, управляемой с земснаряда) пульповод. Большинство земснарядов длительное время работают на одном строительном объекте или карьере, чем предопределяются условия их энергообеспечения. Эти земснаряды питаются электроэнергией от внешней электросети. При смене строительного объекта земснаряд перемещают по воде буксиром. Земснаряды, часто меняющие строительные объекты, оборудованы автономными дизель-электрическими установками, обеспечивающими независимое перемещение без связи с внешними энергоисточниками. На некоторых земснарядах, питаемых электроэнергией от внешней сети, установлены резервные дизель-генераторные агрегаты мощностью 50...100 кВт, которые используют для освещения, для приведения земснарядов в транспортное положение и проведения на них ремонтно-наладочных работ, когда снаряд не может быть обеспечен электроэнергией с берега. Для возможности перебазирования земснарядов по суше и частого монтажа и демонтажа их корпуса делают сборно-разборными из отдельных понтонов и секций, способных самостоятельно удерживаться на плаву.

Земснаряд (рис. 15.3) состоит из понтона 9 с землесосом 10, свай 1, стрелы 4 с приемно-рыхлительным устройством 3, состоящим из фермы, фрезерного рыхлителя и его привода. Для подъема и опускания фермы с рыхлителем установлена лебедка 2 с полиспастом 5. Вращающийся рыхлитель разрушает грунт. Подготовленный грунт по всасывающему трубопроводу 8 поступает к землесосу, которым транспортируется к месту укладки по пульпопроводу 6, смонтированному на понтонах. Лебедки 7 служат для управления носовыми канатами при повороте земснаряда относительно опущенной сваи, лебедки 11 для подъема свай. Кроме этого на палубе установлены две станковые лебедки 12 (носовая и кормовая). Землесос приводится в действие электродвигателем 13 мощностью 440 кВт. На земснаряде для обслуживания механизмов имеется мостовой кран 14 грузоподъемностью 25 т. В процессе разработки грунта земснарядом нижний конец грунтозаборного устройства непрерывно перемещается по дну водоема, оставляя после себя выработку в виде узкой полосы. Эти перемещения осуществляются вместе с рабочими перемещениями всего земснаряда, называемыми папильонированием (от французского *papillon* – бабочка) и выполняемыми в определенном порядке. Различают продольное, совпадающее с продольной вертикальной плоскостью симметрии земснаряда, или траншейное и поперечное папильонирование.

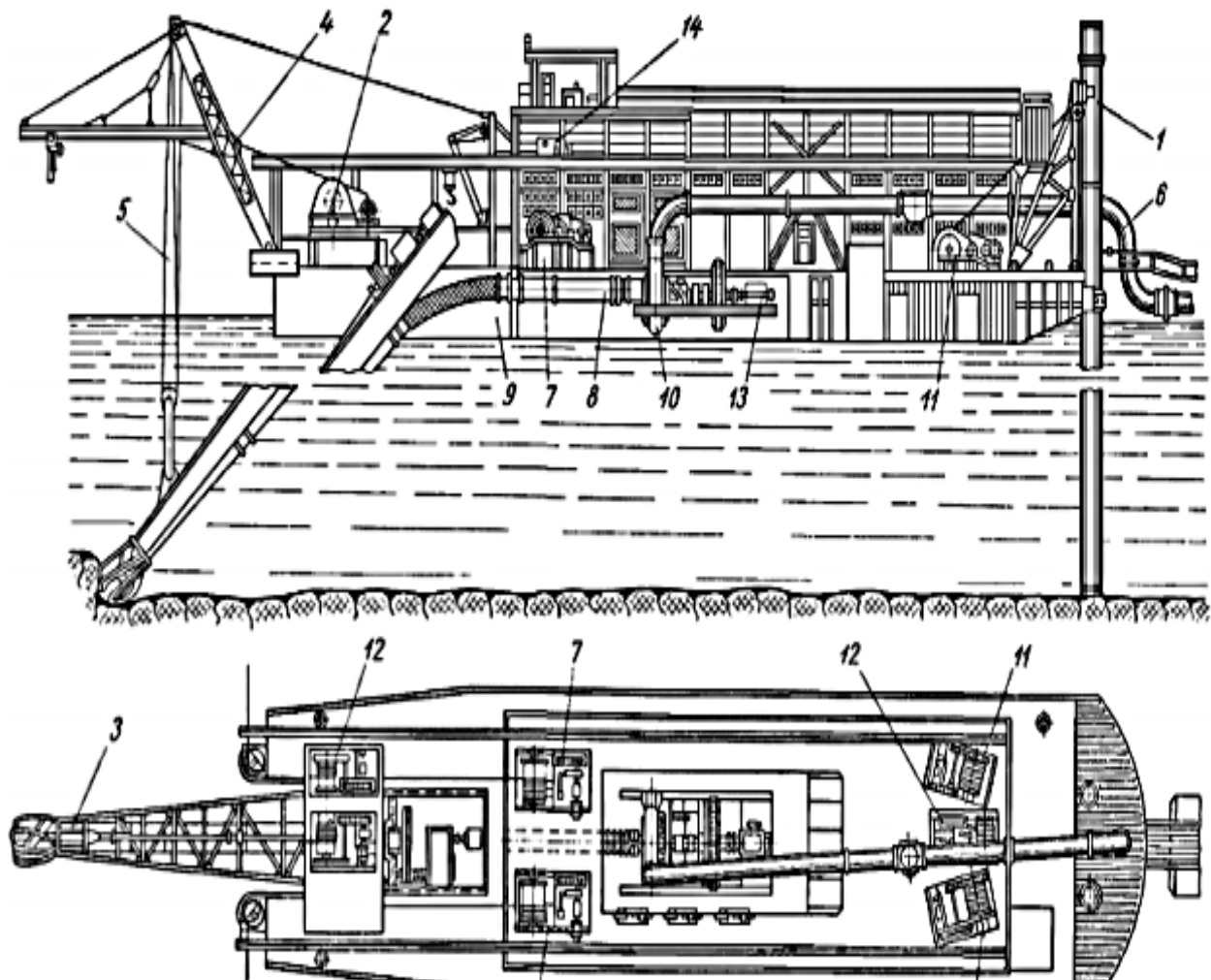


Рис.15.3. Земснаряд.

В результате продольной (траншейной) проходки на дне водоема образуется прямая в плане траншея, которая может быть расширена параллельными проходками при смещении земснаряда в поперечном направлении на каждом новом заходе. При поперечном папильонировании нижний конец грунтозаборного устройства перемещается по дуге, вращаясь относительно некоторой вертикальной оси. По достижении крайнего положения земснаряд перемещается вперед примерно на ширину полученной за одну проходку выемки, после чего поперечное перемещение повторяется в обратном направлении, и т.д. Такой способ папильонирования называют *веерным*.

Описанные перемещения обеспечиваются работой только папильонажных лебедок, расположенных в носовой и кормовой частях земснаряда, или одновременной работой лебедок и двух свай, расположенных за кормой. В первом случае основное рабочее движение по направлению траншеи обеспечивается подтягиванием земснаряда на заякоренном перед ним канате становой лебедки. Остальные папильонажные лебедки, также с заякоренными канатами, корректируют направление этого движения. Для возвратного движения используют кормовой становой канат, а для перемещения на позицию параллельной траншеи – боковые папильонажные канаты. При веерном папильонировании задними папильонажными канатами фиксируется средняя точка кормы, относительно которой канатами от носовых боковых лебедок осуществляется вращательное в плане движение земснаряда в одном, а затем в обратном направлениях (рис. 15.4, а). Подача земснаряда (перемещение в направлении разработки) обеспечивается согласованной работой носовых и кормовых лебедок. Из-за неравномерности сопротивлений папильонажным перемещениям земснаряда при канатном папильонировании не удается добиться четкого направления перемещения грунтозаборного устройства. Лучшие результаты дает свайное папильонирование с применением так называемого аппарата свайного хода. Для этого земснаряд оборудуют двумя трубчатыми сваями 1 (рис. 15.3) с массивными заостренными нижними наконечниками. Сваи устанавливают в направляющих за кормой. Свайное папильонирование заключается в поочередном вращении земснаряда папильонажными

лебедками относительно одной из опущенных на дно водоема свай (см. рис. 15.4, б).

При этом вторая свая находится в поднятом положении. В конце поворотного хода положения свай меняют и папильонируют в обратном направлении. Сваи поднимают лебедками. При установке свай в неподвижных направляющих в начале поперечного перемещения грунтозаборное устройство проходит по полосе, уже разработанной предыдущей проходкой, а в конце хода может удаляться от последней, оставляя неразработанные участки. При разработке малослежавшихся песков без разрыхления этот недостаток практически не снижает производительности земснаряда по пульпе, но приводит к неравномерности ее консистенции. При разработке тяжелых грунтов неравномерной будет как консистенция пульпы, так и загрузка двигателей. Более совершенную схему разработки грунта обеспечивает установка свай на принудительно передвигаемой вдоль продольной оси земснаряда каретке. На земснаряде может быть установлена только одна передвижная каретка.

Вторую свая, называемую прикольной и используемую только для перешагивания, устанавливают обычно в неподвижных направляющих.

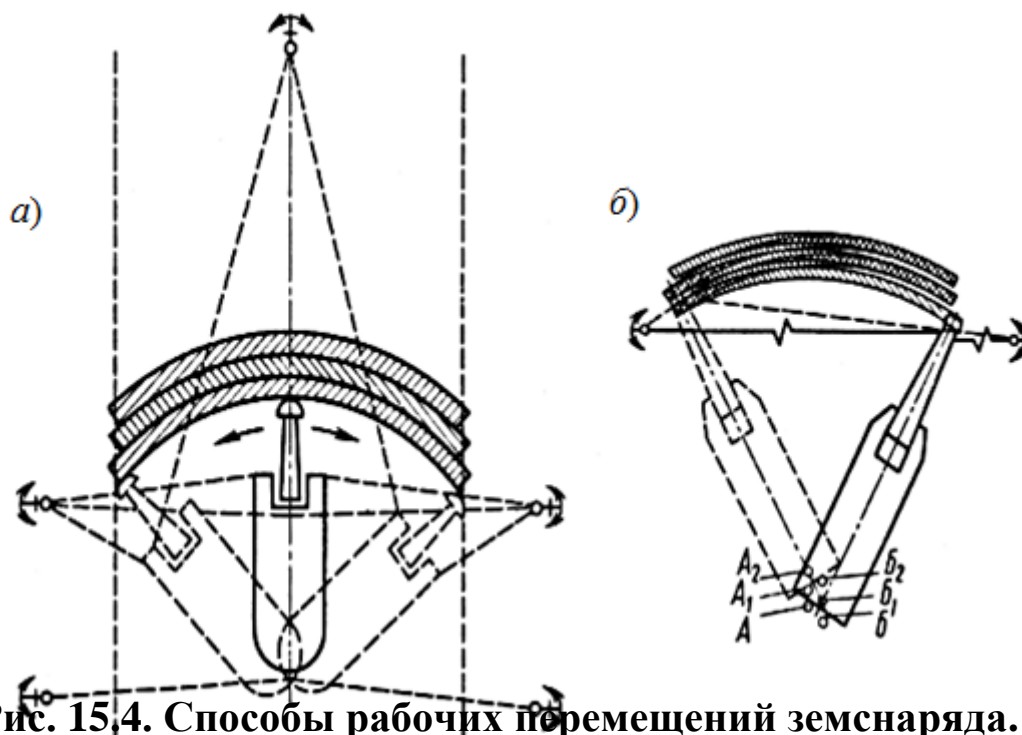


Рис. 15.4. Способы рабочих перемещений земснаряда.

При расчете скоростей папильонирования исходят из средней скорости (м/мин) движения грунтозаборного устройства:

$$v_{cp} = \frac{P_0}{60 \cdot A} \quad (15.11)$$

где P_0 – производительность земснаряда по грунту, м³/ч; A – площадь поперечного сечения полосы грунта, разрабатываемой за одну проходку, м².

В зависимости от вариации P_0 и A эти скорости могут изменяться в широких пределах 0,2...10 м/мин. Для сокращения потерь времени на маневрирование земснаряда верхний предел этой скорости увеличивают в 2...3 раза.

Тяговое усилие в канатах папильонажных лебедок должно быть достаточным для преодоления всех сопротивлений папильонажному перемещению, включая сопротивление грунта резанию, при наиболее неблагоприятных их сочетаниях.

Производительность земснаряда по пульпе определяют по подаче Q_n грунтового насоса, а для ее перевода в производительность по грунту, приведенному к состоянию естественного залегания, пользуются формулой:

$$P_0 = Q_n \cdot k. \quad (15.12)$$

где k – коэффициент, учитывающий консистенцию пульпы.

Последнюю определяют отношением объема грунта, приведенного к естественному состоянию, к объему воды в определенном объеме пульпы. Для более полной эксплуатационной характеристики земснаряда вместе с его производительностью приводят дальность транспортирования пульпы.

Контрольные вопросы.

1. Что такое гидромеханизация? Какие работы выполняют этим способом? Как разрушают грунт способом гидромеханизации? Опишите комплексно схему работ при разработке фунтов способом гидромеханизации. Как разрабатывают подводные грунты? Что такое комбинированный способ разработки грунтов?

2. Какие насосы используют в устройствах гидромеханической разработки грунтов? Чем отличаются фунтовые насосы от насосов для подачи чистой воды? Назовите их основные параметры. Для чего применяют струйные элеваторы, каков принцип их действия?

3. Для чего предназначены, как устроены и как работают гидромониторы?

4. От чего зависит размывающая способность водяной струи? Как она реализуется на практике? Как определяют производительность гидромонитора?

5. Для чего применяют земснаряды, как они устроены и как работают? Какой вид энергии они используют?

6. Как перебазировать земснаряды при смене объектов по воде и по суше? Назовите основные параметры земснарядов.

7. Опишите процесс папильонажных перемещений бессвайных и свайных земснарядов.

8. Как определяют производительность земснарядов?

Глава 16. Машины и оборудование для погружения свай.

16.1. Способы устройства свайных фундаментов.

Для устройства свайных фундаментов применяют забивные, винтовые и набивные сваи. Два первых типа свай изготавливают на заводах, а третий изготавливают на месте из монолитного железобетона или в сочетании со сборными элементами заводского изготовления.

В настоящее время на стройках массовое применение (более 90% от общего объема свай) получили забивные сваи квадратного сечения