



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –  
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»  
(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)

---

Л.А. Журавлева, М.В. Карпов

# **ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ПРИРОДООБУСТРОЙСТВУ И ВОДОПОЛЬЗОВАНИЮ**

**Краткий курс лекций**

**для бакалавров IV курса**

Направление подготовки

**20.03.01 Природообустройство и водопользование, 08.03.01 Строительство,  
35.03.11 Гидромелиорация, Техносферная безопасность, 23.03.02 Наземные  
транспортно-технологические комплексы, 23.05.01 Наземные транспортно-  
технологические средства**

**Москва 2022**

УДК 62

ББК 38

Т 38

**Журавлева Л.А., Карпов М.В.**

Т38 Технология и организация работ по природообустройству и водопользованию: краткий курс лекций для бакалавров IV курса направления подготовки 20.03.01 «Природообустройство и водопользование», 03.01 Строительство, 35.03.11 Гидромелиорация, Техносферная безопасность, 23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы, 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства / Л.А. Журавлева, М.В. Карпов // РГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева – М.; Саратов: Амирит, 2022. – 80 с.

ISBN 978-5-00140-985-4

Краткий курс лекций содержит теоретический материал по основным вопросам технология и организация работ по строительству и эксплуатации объектов природообустройства и водопользования. Направлены на формирование у студентов знаний об организации, технологии, нормирование и планирование производственных процессов, на применение этих знаний для выполнения проектно-изыскательских, строительных и ремонтных работ при природообустройстве и водопользовании, для решения организационно- технологических и организационно-управленческих задач с учетом достижения научно-технического прогресса. Материал ориентирован на вопросы профессиональной компетенции будущих бакалавров.

УДК 62

ББК 38

ISBN 978-5-00140-985-4

© Журавлева Л.А., Карпов М.В., 2022  
© ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева, 2022

## Введение

Организация и технология работ по природообустройству и водопользованию относится к числу профессиональных дисциплин. Она изучает общие сведения о водохозяйственных и строительных работах, производство земляных работ машинами, определение объемов работ, организацию и технологию строительства насыпных земляных плотин, дамб, открытых и закрытых оросительных сетей.

Знания по организации и технологии работ по природообустройству и водопользованию являются базовыми для подготовки выпускной работы бакалавра, а также для производственной деятельности выпускников, самостоятельного принятия профессиональных решений в вопросах организации и технологии строительства и эксплуатации объектов природообустройства и водопользования.

## ЛЕКЦИЯ 1

### **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ И СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТАХ**

#### **1. Общие сведения о строительных работах. Земляные работы и сооружения.**

В зависимости от назначения строительство может быть разбито на отдельные группы: сельскохозяйственное, промышленное, водохозяйственное (гидромелиоративное), жилищно-гражданское, транспортное строительство, а также строительство линий электропередач, внешних водопроводных и канализационных сетей, газопроводов и нефтепроводов, благоустройство городов и населенных мест.

Сложность и масштабность водохозяйственных объектов выделяют гидромелиоративное строительство из других видов строительства и определяют его особенности: сезонность проводимых работ; их разнообразие (земляные, бетонные, монтажные и ряд специальных работ); особые требования к качеству строительных материалов и изделий (плотность, прочность, неразмываемость, морозостойкость и др.); уникальность условий строительства (геология, гидрология, гидрогеология).

Основной задачей строительства являются сокращение сроков и стоимости строительства при минимальных затратах труда и высоком качестве работ. Этого можно достигнуть при широком применении индустриальных методов производства работ. Индустриализация строительства характеризуется: применением унифицированных сборных деталей и конструкций; комплексной механизацией и автоматизацией (при автоматизации производственных процессов все операции выполняются автоматизированной системой работающих машин и приборов, а рабочий только осуществляет контроль); поточным методом, создающим условия для равномерного использования материально-технических ресурсов и рабочих кадров, производства работ по совмещенному графику, при котором одновременно ведутся различные работы и для непрерывного ввода в эксплуатацию зданий и сооружений.

Строительные работы делятся на отдельные *виды работ*: земляные, взрывные, буровые, свайные, монтажные, каменные, железобетонные, штукатурные, малярные, кровельные, стекольные, облицовочные, обойные и др. Каждый вид работ состоит из ряда более или менее сложных строительных процессов.

*Строительными процессами* называют производственные процессы, которые выполняются в пределах строительной площадки и имеют конечной целью возведение, восстановление, реконструкцию, ремонт, передвижку или разборку различных зданий, сооружений или их частей (опор, фундаментов, стен, перекрытий, кровель, оконных блоков и т.д.).

Исходя из организационной сложности, различают следующие виды строительного процесса: рабочую операцию, рабочий процесс и комплексный процесс.

Земляные работы выполняются при постройке любого здания или сооружения и составляют значительную часть их стоимости и особенно трудоемкости. По своему назначению земляные сооружения подразделяются на гидротехнические (плотины, дамбы, каналы и т.п.); дорожные (земляное полотно дорог); ирригационные и мелиоративные (пруды, оросительные и осушительные каналы и т.п.); сооружения промышленного и гражданского строительства. В зависимости от назначения и срока службы земляные сооружения могут быть постоянными (выемки и насыпи дорог, каналы, плотины) и временными (траншеи, служащие для прокладки трубопроводов, коллекторов и т. д.).

В зависимости от расположения относительно земной поверхности сооружения делятся на надземные (насыпи и выемки) и подземные (тоннели), надводные и подводные.

К выемкам относят сооружения, расположенные ниже дневной поверхности (рис. 1, а, б, д, к), а к насыпям – сооружения, возводимые отсыпкой грунта выше дневной поверхности (рис. 1, е, ж, з, и, л). Сооружения из грунта, расположенные частично в выемке, частично в насыпи, относят к полувыемкам, если преобладает выемка (рис. 1, в), или к полунасыпям, если преобладает насыпь (рис. б, г).

В зависимости от назначения выемки делят на профильные (деловые) являющиеся частью строящихся сооружений, и непрофильные (карьеры, резервы), из которых берут грунт для насыпных сооружений.

Насыпь называют качественной, если она обладает хотя бы одним из следующих свойств:

- Статически устойчива против действия напора воды.
- Длительное время сохраняет величину проектной высоты
- В процессе эксплуатации дает осадку в пределах допустимой величины
- Откосы устойчивы и защищены от действия воды, льда, ветра

Насыпи бывают двух видов: профильные (качественные) и непрофильные. К профильным относят все насыпи, возводимые в соответствии с заданными размерами в плане и по высоте и с уплотнением грунта так, чтобы они имели необходимую плотность, прочность, водонепроницаемость, статическую устойчивость.

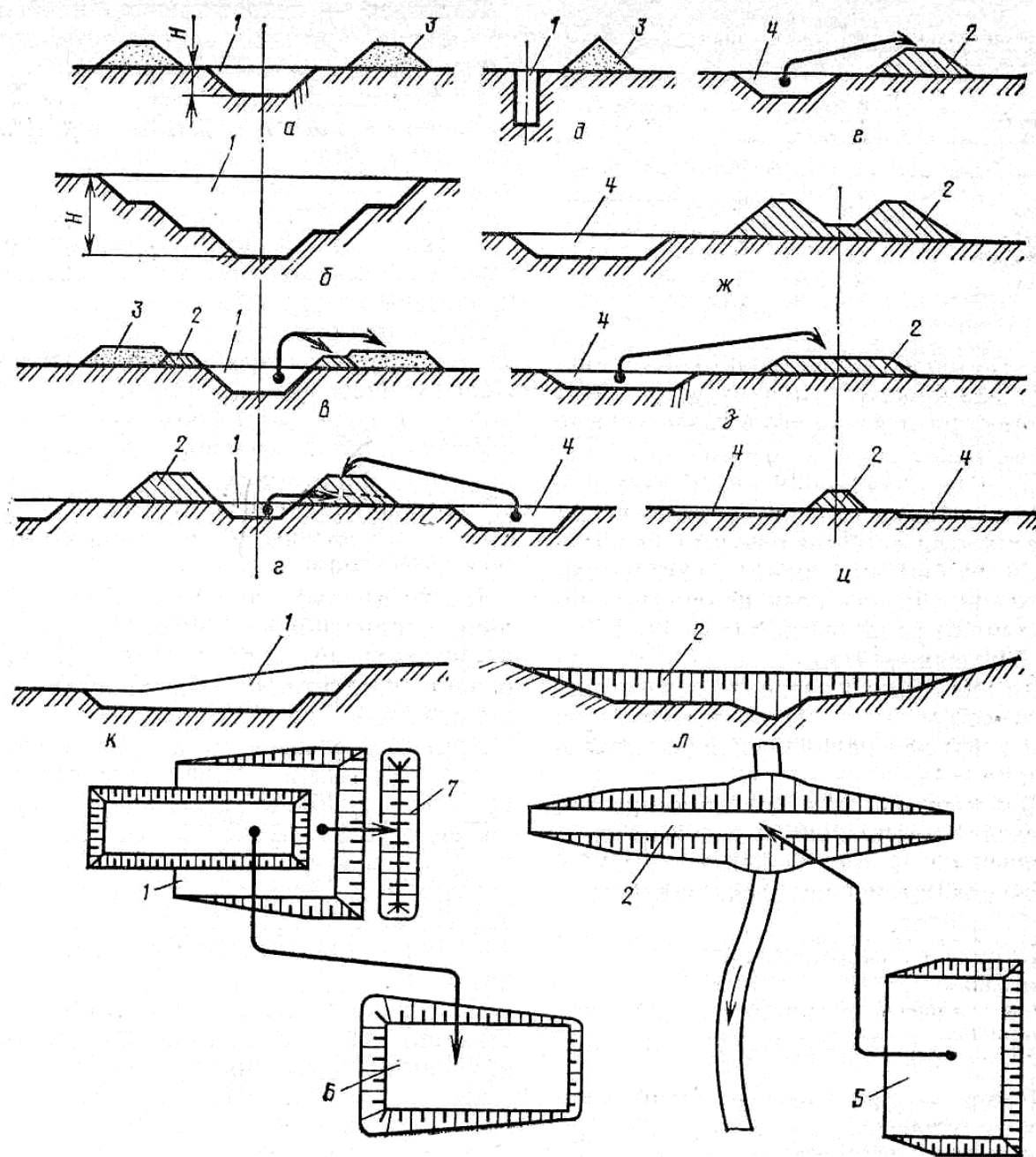


Рис. 1. Земляные сооружения:

*а* – канал (котлован) в выемке глубиной до 5 м; *б* – то же, при глубине выемки более 5 м; *в* – канал в полувыемке; *г* – канал в полунасыпи; *д* – траншея; *е* – дамба (плотина); *ж* – канал целиком в насыпи; *з* – земляная подушка (или дорожное полотно); *и* – земляной валик высотой до 1 м; *к* – котлован под сооружение; *л* – грунтовая плотина; *1* – профильные (деловые) выемки; *2* – профильные (качественные) насыпи; *3* – кавальеры грунта; *4* – резервы; *5* – карьер грунта; *6* – постоянный отвал; *7* – временный отвал.

В местах складирования не используемого из выемок грунта образуются непрофильные насыпи (отвалы, кавальеры).

К насыпям следует относить и обратные засыпки ранее образованных выемок или естественных ям и понижений. Обратные засыпки можно выполнять с искусственным уплотнением или без уплотнения.

Котлован – это временная профильная выемка для возведения искусственного сооружения ниже естественной или искусственной дневной поверхности.

Траншея – линейно протяженный котлован с вертикальными или наклонными стенками для укладки трубопроводов, дрен, ленточных фундаментов.

Карьер – сосредоточенная выемка, в которой открытым способом добывают полезные ископаемые породы, в том числе грунт для насыпных земляных сооружений.

Резерв – линейно протяженная выемка с запасом грунта, который берут для возведения линейно протяженных насыпных сооружений.

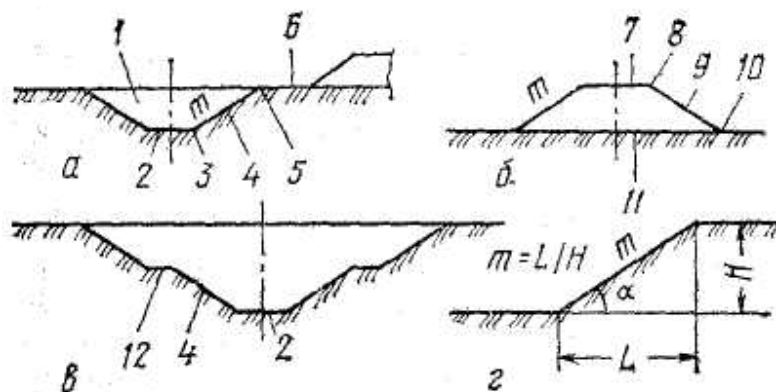
Отвал – непрофильная насыпь, место сосредоточенного складирования неиспользуемого или непригодного грунта.

Временный или промежуточный отвал – место для временного складирования грунта, используемого в дальнейшем для насыпей и засыпок.

Кавальер – непрофильная линейно протяженная насыпь неиспользуемого грунта вдоль линейной профильной выемки (канала, дороги).

Кювет – линейно протяженная профильная выемка в виде канавы для сбора и отвода воды от линейного сооружения (обычно вдоль дороги).

Названия различных элементов поперечного сечения выемок и насыпей приведены на рисунке 2.



выемки; 2 – дно выемки; 3 – подошва откоса выемки; 4 – откос выемки; 5 – бровка выемки; 6 – берма; 7 – гребень насыпи; 8 – бровка насыпи; 9 – откос насыпи; 10 – подошва откоса насыпи; 11 – основание насыпи; 12 – промежуточная берма.

Рис. 2. Элементы поперечного сечения выемок и насыпей.

Объем земляных работ определяют в соответствии с правилами вычисления объемов геометрических тел. При сложной конфигурации выемок и насыпей их разбивают на более простые части, объемы которых определяют по формулам геометрии. Для определения объемов по многочисленным однообразным объектам (каналам, дамбам, валикам) используют готовые таблицы.

Все объемы работ при разработке принято определять по грунту в состоянии естественной плотности. Различают проектные и производственные объемы работ.

Проектные (их называют также геометрические или профильные) объемы вычисляют по геометрическим размерам, предусмотренным проектом сооружения. Для земляных сооружений в выемке и в полувыемке проектный объем определяют по геометрическим размерам выемки, а для сооружений в полунасыпи и насыпи – по геометрическим размерам насыпных частей в соответствии с проектными размерами. Производственные объемы работ соответствуют фактически выполненным с учетом дополнительных объемов, появляющихся при повторных переработках (перекидках) грунта, а также с учетом удаления и замены непригодных грунтов, переуплотнения их в профильных насыпях, необходимого запаса на осадку насыпи и основания сооружения. Обобщение опыта производства работ по строительству каналов показывает, что соотношение между профильными  $V_{\text{проф}}$  и производственными  $V_{\text{произв}}$  объемами работ определяется соотношением:

$$V_{\text{произв}} = (1,3 \dots 2,0) V_{\text{проф}}$$

## 2. Организация труда

Важной задачей рациональной организации труда в строительном производстве является обеспечение непрерывного роста производительности труда и качества выполняемых работ при соблюдении охраны труда.

В основу организации труда строительных рабочих положено расчленение процессов и разделение труда между исполнителями. Следовательно, для рационального использования труда рабочих необходимо, чтобы каждый из них выполнял операции, соответствующие его квалификации. Этим условиям отвечает звеньевая организация труда. *Звено* – это группа рабочих, действующих совместно и одновременно по принципу разделения труда и дополняющих работу друг друга. Звено состоит из рабочих одной специальности, но в ряде случаев разной квалификации. В звено обычно входит 2–6 и более рабочих. Несколько звеньев, выполняющих одновременно один и тот же процесс, составляют бригаду, возглавляемую квалифицированным рабочим-бригадиром. Бригада, выполняющая один рабочий процесс, составленная из рабочих одной профессии, носит название *специализированной*. Число рабочих в такой бригаде составляет 15–20 человек.

Для выполнения комплексных строительных процессов организуют *комплексные бригады*, объединяющие звенья рабочих разных профессий. Комплексные бригады, выполняющие конечную продукцию, называются *бригадами конечной продукции*. Количество рабочих в комплексной бригаде обычно составляет 35–40 человек, и возглавляется она бригадиром, назначенным из числа наиболее квалифицированных рабочих ведущей специальности. Оплата труда специализированных и комплексных бригад производится за отдельный вид работ (1 м<sup>3</sup> железобетонных конструкций, 1 м<sup>2</sup> перекрытий и т. д.), а комплексных бригад конечной продукции – за конечную продукцию (за возведение коробки здания и сооружения).

## 3. Производительность труда и производственные нормы

*Производительность труда* – это количество строительной продукции, выполненной рабочими в единицу времени (час, смену). В строительстве для оценки производительности труда применяют нормы времени, нормы выработки рабочего или звена и нормы машинного времени.

Выработка одного рабочего или звена может определяться либо в денежном выражении – по сметной стоимости выполненных строительного-монтажных работ, по



нормативной стоимости, либо в натуральном выражении (в м<sup>3</sup> кладки, в тоннах смонтированных конструкций, в м<sup>2</sup> жилой площади и т. п.).

Определение выработки на основе сметной стоимости без учета затрат на основные строительные материалы, детали и конструкции дает показатель, называемый *нормативной стоимостью производства работ*.

Установленное количество рабочего времени (в чел-ч), затрачиваемое рабочими соответствующей специальности и квалификации в условиях правильной организации труда на производство единицы качественной продукции, называется *нормой времени* ( $t_n$ ) рабочего (звена). Норма времени звена представляет установленное суммарное количество рабочего времени всех рабочих звена на изготовление единицы доброкачественной продукции.

Установленное количество качественной продукции, вырабатываемое рабочим (звеном) соответствующей специальности и квалификации в условиях правильной организации труда за единицу времени (час, день), называется *нормой выработки* ( $q_n$ ). Норма выработки выражается в единицах измерения продукции (пог. м, м<sup>2</sup>, м<sup>3</sup>, т, кг, шт.).

Норма времени, и норма выработки находятся в следующей зависимости:

$$t_n = 1 / q_n ;$$

*Нормой машинного времени* называют количество установленного времени работы машины, необходимое для производства единицы качественной машинной продукции в условиях правильной организации труда и рационального использования машины. Норма машинного времени измеряется в машино-часах и машино-сменах. Норма выработки рабочего в звене, обслуживающем машину, определяется делением нормативной производительности машины на количество рабочих в звене.

Производственные нормы издаются в виде специальных сборников под названием «Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы», обозначаемые кратко ЕНиР.

На стройке учет производительности труда бригады ведется в натуральных и процентных выражениях.

Показатель выполнения норм выработки определяют по формулам:

$$B = \frac{t_{\phi}}{t_n} \cdot 100\% \quad \text{или} \quad B = \frac{q_{\phi}}{q_n} \cdot 100\%$$

где  $t_{\phi}$  – фактическое время выполнения работы;  $t_n$  – нормативное время выполнения работы по ЕНиР;  $q_{\phi}$  – фактическая выработка;  $q_n$  – нормативная выработка по ЕНиР.

*Трудоемкостью работ* называют количество нормативного времени, необходимого для выполнения заданного объема работ:

$$T = t_n \cdot V$$

где  $t_n$  – нормативное время;  $V$  – объем работ.

Повышение производительности труда, снижение трудоемкости и повышение качества работ в строительстве обеспечивается в основном за счет совершенствования технологий и организации строительного производства.

#### 4. Баланс грунтовых масс

Разрабатываемый в выемках грунт подлежит перемещению в насыпи. Наиболее целесообразно грунт из профильных (деловых) выемок перемещать в профильные насыпи, сводя к минимуму непрофильные объемы работ в карьерах и резервах. При

больших объемах котлованов карьеры для устройства насыпей могут не понадобиться. Наиболее рационального использования грунта из выемок можно добиться при составлении баланса грунтовых масс.

Баланс грунтовых масс – это проектный документ, в котором установлено

1. порядок и место размещения грунта из выемок в насыпи
2. потребность в карьерах резервах
3. кратчайшие пути перемещения грунта из выемок в насыпи.

Условно различают: частный (БГМ), районный, сводный. Баланс называют **активным** – если все объемы выемок больше объемов насыпей; **пассивный** баланс – это когда грунта из выемок не хватает для сооружения насыпей. Недостающий грунт берут из карьеров и резервов. Нулевой баланс  $V_B = V_H$ . Его составляют в виде графических схем и таблиц (табл. 1) с учетом наилучшего использования грунта из профильных выемок для возведения насыпей при минимальных дальностях перемещения грунта и минимальной общей стоимости земляных работ по объекту.

Таблица 1

Ведомость баланса грунтовых масс

Выемки		Насыпи				
наименование	объем	отвал грунта	земляная часть плотны	временный отвал	обратная засыпка пазух	...
Котлован	$V_I$	$v_1$	$v_3$	$v_6$	—	...
Карьер	$V_{II}$	—	$v_4$	—	$v_8$	...
Отводящий канал	$V_{III}$	$v_2$	$v_5$	$v_7$	—	...
Из временных отвалов	$V_{IV}$	—	—	—	$v_9$	...
...	...	...	...	...	...	...
	$\Sigma V_B / \Sigma V_H$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	...

На схемах стрелками показывают направления всех перемещений грунта, выписывают объемы и дальности его возки. В левой части ведомости баланса грунтовых масс выписывают все виды выемок и их объемы, в правой части – насыпи и их объемы.

При составлении баланса грунтовых масс должны быть учтены работы, связанные с удалением непригодных грунтов, подготовкой оснований, обратные засыпки и дополнительные перемещения грунта, а также переуплотнение грунта в профильных насыпях, запасы на осадку и потери грунта при перемещении. Объемы выемок надо определять с учетом всех перечисленных факторов. Сумма объемов всех выемок должна быть равна сумме объемов всех насыпей!

### 5. Способы производства земляных работ

Основным и наиболее трудоемким видом работ в строительстве являются земляные работы, которые производят: механическим, гидравлическим, гидромеханическим, взрывным, физическим, химическим, ручным и комбинированным способами.

Механический способ осуществляется применением землеройной и землеройно-транспортной техники и является наиболее распространенным (по удельному весу занимает около 95% от всех способов), хорошо освоенным и универсальным.

Гидравлический способ применяют при разработке выемок каналов в песчаных грунтах, когда имеются аккумулирующие емкости воды для размыва и естественные

понижения для складирования смываемого грунта. Применение данного способа ограничено.

Гидромеханический способ основан на использовании средств гидромеханизации (установок, разрабатывающих земляной массив напором водяной струи или всасыванием грунта вместе с водой). Высокопроизводителен, однако, требует наличия и перемещения значительных масс воды (до 10 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> грунта), при этом грунт должен быть несвязным или малосвязным.

Взрывной способ с использованием энергии взрыва производится на плотных, полускальных и скальных грунтах, а так же, при наличии технико-экономического обоснования, дефиците кадров и технических средств, в неосвоенной и необжитой местности на нескальных грунтах. Главный недостаток взрывного способа – неконтролируемый и значительный разброс минеральной породы по поверхности плодородного слоя и высокая степень уплотнения нижних слоев грунта.

#### Вопросы для самоконтроля

1. Виды строительного производства. Особенности мелиоративного строительства.
2. Основная задача строительного производства. Виды строительных работ.
3. Строительные процессы, краткая характеристика.
4. Организация труда в строительстве.
5. Производственные нормы в строительстве.
6. Виды земляных сооружений
7. Виды земляных работ

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

##### Основная литература

1. Белецкий, Б. Ф. Технология и механизация строительного производства [Электронный ресурс] / Б. Ф. Белецкий. - 4-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2011. - 752 с. - ISBN 978-5-8114-1256-3 : Б. ц.
2. Белецкий, Б. Ф. Строительные машины и оборудование [Электронный ресурс] / Б. Ф. Белецкий, И. Г. Булгакова. - 3-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2012. - 608 с. - ISBN 978-5-8114-1282-2
3. Болотин, С. А. Организация строительного производства : учебное пособие / С. А. Болотин, А. Н. Вихров. - 3-е изд., стер. - М. : Академия, 2009. - 208 с. - (Высшее проф. образование. Строительство). - ISBN 978-5-7695-6471-0.
4. Иванов Е.С. Организация строительства объектов природообустройства. -М.: Колос, 2009, 415 стр.

##### Дополнительная литература

1. Организация строительного производства : учебник для строительных вузов / Л. Г. Дикман. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. - 608 с.
2. Стаценко, А. С. Технология строительного производства / А. С. Стаценко. - Ростов н/Д. : Феникс, 2006. - 416 с. - (Высшее образование).
3. Соколов, Г. К. Технология строительного производства : учебное пособие / Г. К. Соколов. - М. : Академия, 2006. - 544 с.
4. Сабо, Евгений Дюльевич. Гидротехнические мелиорации объектов ландшафтного строительства : учебник / Е. Д. Сабо, В. С. Теодоронский, А. А. Золотаревский. - М. : Академия, 2008. - 336 с. : ил. - (Высшее проф. образование. Ландшафтное строительство). - ISBN 978-5-7695-4318-0

5. Ясинецкий В.Г., Фенин Н.К. Организация и технология гидромелиоративных работ. М.,1986.
6. Библиотека ГОСТов и нормативных документов <http://libgost.ru>

## ЛЕКЦИЯ №2

### ПРОИЗВОДСТВО ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ БУЛЬДОЗЕРАМИ

#### 1. Области и условия применения бульдозеров.

Бульдозер является землеройно-транспортной машиной циклического действия. Рабочим органом бульдозера служит отвал с ножом, укрепленный на раме, которая навешивается на гусеничный или колесный трактор. Во время движения бульдозера при опускании отвала с ножевым устройством ниже уровня опорной поверхности гусениц нож врезается в грунт и, срезая стружку, накапливает ее впереди отвала. При дальнейшем движении бульдозера отвал выглубляется и срезанный грунт волоком перемещается по поверхности земли к месту отсыпки. Если перемещенный грунт надо распределить по поверхности земли, то отвал несколько приподнимают над ней.

Отвал бульдозера может быть поворотный (универсальный) и неповоротный, а система управления – канатно-блочная и гидравлическая.

Бульдозер широко применяется при:

- разработке и транспортировке грунта
- планировке поверхности площадей
- при отсыпке дамб, дорог с перемещением грунта в отвал
- устройстве насыпей
- устройстве террас на склонах
- устройстве профилированной дороги

Бульдозер также широко используется на вспомогательных работах в комплексе с другими машинами, (бульдозер перемещает грунт из отвалов, отсыпаемых экскаваторами; зачищает и планирует дно выемки, разработанной экскаватором, и т.д.) и при производстве подготовительных работ (расчистке участка от кустарника, деревьев, пней, растительного покрова, камней, строительного мусора и т.д.).

Бульдозер разрабатывает грунт I, II и III категорий. Как землеройно-транспортная машина он эффективен при условии перемещения грунта на небольшие расстояния.

Таблица 2.

Условия применения бульдозеров  
Объемы земляных работ

Объемы земляных работ на одном объекте	
Тяговый класс базового тягача, кН	Минимальный объем работ на одну машину, м <sup>3</sup>
40.....60 60.....100	до 3000
100.....150	3000....50000
150.....250	более 50000

Таблица 3.

Дальность перемещения грунта

Тяговый класс базовой машины, кН	40.....60	60.....100	150.....250
Дальность перемещения, м	30.....50	50.....70	100.....150

Таблица 4.

## Наибольшие уклоны, преодолеваемые бульдозерами

Положение бульдозера	Класс бульдозера		
	до 40 кН	до 100 кН	до 150...250 кН
Движение вверх	20	25...30	25
Спуск с грунтом	20	25...35	35
При поперечном уклоне	20	30	30

## Грунтовые условия

В тяжелых и плотных грунтах отвал бульдозера плохо заглубляется, а на мерзлых вообще не заглубляется. В таких случаях грунты предварительно рыхлят.

Для производства работ в заболоченных и обводненных местности на грунтах со слабой несущей способностью рекомендуется применять бульдозеры на тракторах с уширенными гусеницами или устанавливать на гусеницы уширители.

Основные рабочие параметры и производительность бульдозеров определяются мощностью базового тягача, на котором они навешены (табл. 5).

Таблица 5

## Основные технические характеристики бульдозеров.

Марка (тип трактора)	Мощность, кВт	Масса, т	Емкость ковша, м <sup>3</sup> (размер отвала, м)	Наибольшие размеры разработки, м		Габариты (длина × ширина × высота), м	Производительность, м <sup>3</sup> /ч
				ширина	глубина (высота)		
<i>Бульдозеры</i>							
ДЗ-37 (МТЗ-52)	41	3,8	2,0×0,7	2,0	0,15	6,2×2,3×3,3	200
ДЗ-29 (Т-74)	55	6,6	2,6×0,8	2,6	0,3	4,8×2,5×2,5	280
ДЗ-42 (ДТ-75)	59	7,3	2,6×0,8	2,6	0,3	4,8×2,6×2,7	300
ДЗ-8 (Т-100)	79	13,6	3,2×1,2	3,2	1,0	5,3×3,2×3,1	510
ДЗ-18 (Т-100)	79	13,6	3,9×1,0	3,9	0,5	5,5×3,2×3,1	570
ДЗ-28 (Т-130)	118	14,1	3,9×1,0	3,9	0,4	6,4×3,2×3,1	860
ДЗ-24А (Т-180)	132	18,2	3,4×1,1	3,4	1,0	7,0×4,4×2,8	900
ДЗ-48 (К-702)	155	18,2	3,6×1,2	3,6	0,6	7,5×3,6×3,5	1050
ДЗ-34 (ДЭТ-250)	221	31,4	4,5×1,6	4,5	0,4	6,9×3,8×3,2	1400

## 2. Производство работ бульдозерами

Цикл работы бульдозера состоит из резания, перемещения и разгрузки грунта с последующим возвратом бульдозера к месту набора. От способов выполнения этих основных операций, а также от схемы пути движения бульдозера зависит его производительность.

Срезание грунта бульдозером можно производить следующими способами (рис. 3):

- 1) тонкой стружкой при постоянной глубине резания (рис. 3, а);
- 2) клиновидной стружкой (рис. 3, б);
- 3) гребенчатой стружкой (рис. 3, в).

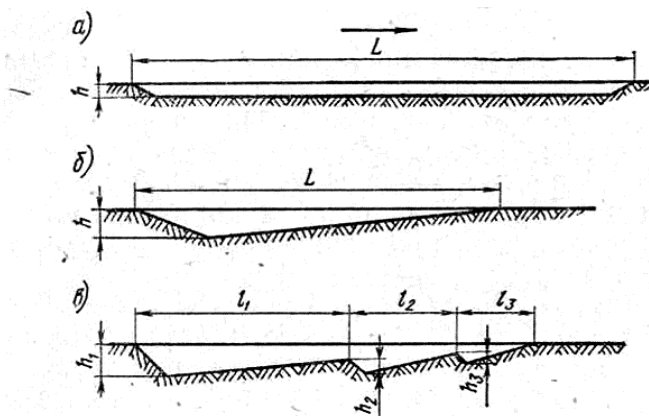


Рис. 3 Схемы резания грунта бульдозером

Резание грунта следует осуществлять на горизонтальных участках или спусках, так как при движении на подъем, значительная часть силы тяги тратится на передвижение самого бульдозера. Если известна средняя толщина стружки, которую можно определить из уравнения тяговых сопротивлений бульдозера, длину пути набора грунта находят по формуле.

$$l_{\text{н}} = \frac{qK' K_{\text{п}}}{K_{\text{h}} h b_0 \sin \beta}$$

где  $q$  – объем грунта, перемещаемого отвалом бульдозера,  $\text{м}^3$

$K'_{\text{п}}$  - коэффициент приведения грунта к первоначальной плотности;

Резание и набор грунта следует производить на первой передаче трактора по возможности под уклон в 10–20%, что позволяет срезать стружку наибольшей толщины на всем участке набора грунта и увеличить производительность бульдозера в 1,5–2,5 раза. При работе на горизонтальных участках сохранить максимальное заглубление ножа по всей длине резания не удастся, поэтому рациональнее применять клиновидный или гребенчатый способ.

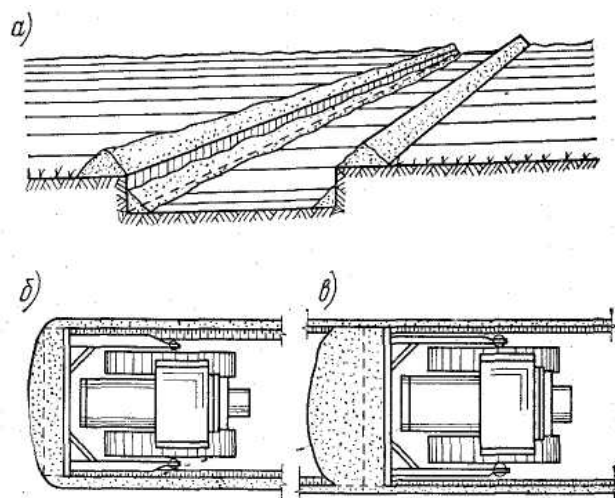
В благоприятных условиях длина пути набора грунта в среднем равна 6...10 м.

Перемещение грунта производится на второй скорости, а в особо благоприятных случаях (при работе под уклон) – на третьей скорости. Транспортировка грунта бульдозером на сравнительно большие расстояния ведется с отсыпкой промежуточных валиков или траншейным способом. В первом случае сначала грунт перемещают на 20–30 м и отсыпают в промежуточные валики, а затем из валиков еще на такое же расстояние (так 2–3 раза до места укладки). При этом способе бульдозер каждый раз перемещается с более полно загруженным отвалом.

Разработку больших объемов грунта целесообразно производить траншейным способом, когда перемещение его осуществляется в траншеях, которые прорезают в грунте или создают за счет потерь грунта при движении бульдозера (рис. 4, а). Боковые стенки траншеи препятствуют потере грунта при движении и, кроме того, позволяют значительно увеличить количество грунта, перемещаемого отвалом за один раз (рис. 4, б, в). Потери грунта в процессе перемещения можно значительно уменьшить, используя спаренную работу бульдозеров или путем устройства на отвале открылок.

Отсыпка грунта осуществляется двумя способами: послойно с одновременным уплотнением и грудами без послойного уплотнения.

Работы, связанные с разработкой и перемещением грунта, можно выполнять по различным схемам путей передвижения бульдозеров. Различают поперечную и продольную разработки.



Траншейный способ разработки и перемещения грунта бульдозером:

*a* — общий вид траншеи, разработанной бульдозером за несколько проходов; *б* и *в* — заполнение отвала грунтом при перемещении по поверхности и в траншее

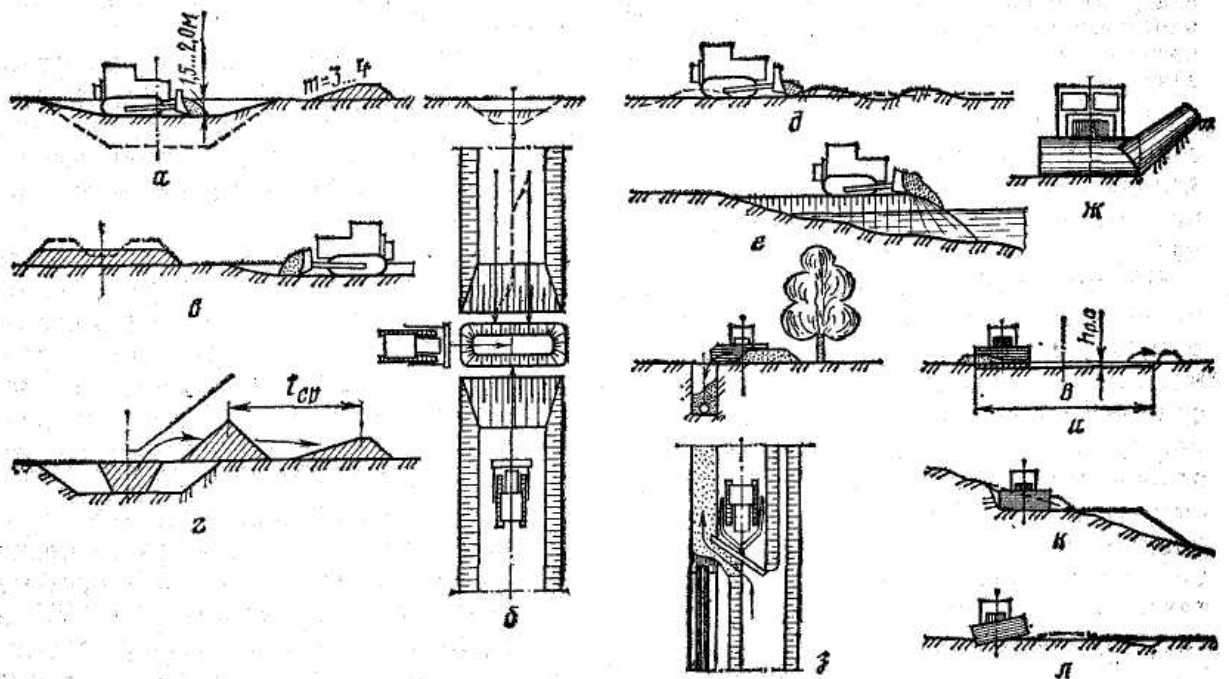
Рис. 4 – Траншейный способ разработки и перемещения грунта бульдозером

Чаще бульдозеры используют для поперечной разработки. При поперечном перемещении грунта на небольшие расстояния в одну сторону от разрабатываемой полосы бульдозер после очередного рабочего хода возвращается для набора грунта задним ходом. Если дальность перемещения грунта значительна, то для сокращения продолжительности холостого пробега бульдозер разворачивается на  $180^\circ$  и возвращается к месту набора грунта передним ходом. В случае отсыпки грунта на две стороны от разрабатываемой полосы при значительной ее ширине выгоднее вести разработку при рабочих движениях бульдозера в обоих направлениях (челночная схема).

При перемещении грунта на большие расстояния можно использовать схему движения по эллипсу и восьмеркой.

Выбор схемы определяется из условия наименьших затрат времени на холостые пробеги, переключение скоростей и повороты.





*а* — поперечная разработка верхнего слоя выемки канала; *б* — продольно-поперечная разработка нешироких выемок; *в* — отсыпка подушек для каналов из боковых резервов; *г* — перемещение грунта, разработанный экскаватором в выемке канала, из временного отвала в постоянный; *д* — планировка поверхности грунта; *е* — отсыпка грунта в воду пионерным способом; *ж* — зачистка откосов специальным откосным отвалом; *з* — засыпка траншей продольными ходами универсального бульдозера; *и* — снятие растительного слоя; *к* — устройство террас на косогорных участках; *л* — профилирование полотна грунтовой дороги.

Рис. 5 — Применение бульдозера с неповоротным и поворотными отвалами в гидромелиоративном строительстве

Участки широких поверху каналов в выемке глубиной до 1,5...2 м можно разрабатывать бульдозерами при движении их по поперечной схеме. При этом сечение выемки получается криволинейного очертания, и для проведения его к трапецидальному требуется доработка (рис. 5, а).

Каналы шириной поверху, не позволяющей вести поперечную разработку, но шириной по дну не менее ширины захвата отвалом бульдозера, можно разрабатывать по продольно-поперечной схеме. При этом способом продольными ходами срезают и перемещают грунт к границе двух разрабатываемых участков канала, откуда грунт поперечными ходами другого бульдозера перемещают за пределы выемки (рис. 5, б).

Бульдозеры применяют для перемещения грунта, вынуженного из выемки экскаваторами, что экономически выгоднее перекидки самим экскаватором (рис. 5, г). Бульдозерами можно также разравнивать грунт в отвалах, отсыпанных экскаваторами или транспортными средствами.

Магистральные, распределительные каналы и каналы разводящей сети на участках с подсыпным дном часто устраивают, предварительно отсыпая общую подушку, в которой затем нарезают сечение канала. Если такую подушку отсыпают из закладываемых вдоль трассы резервов, то можно применить бульдозеры (рис. 5, в). Отсыпку ведут послойно с уплотнением каждого слоя.

Грунт, отсыпанный в профильные насыпи самосвалами, грейдер-элеваторами, тракторными тележками, большегрузными скреперами, чаще всего разравнивают бульдозерами.

Бульдозеры используют также для зачистки и планировки поверхности дна и откосов каналов и котлованов, которые после разработки другими машинами получаются неровными.

При большей крутизне откосов, когда передвижение по откосам становится невозможным из условия устойчивости агрегата на опрокидывание, применяют бульдозер со сменным откосником, прикрепляемым к отвалу (рис. 5, ж).

Помимо планировки поверхностей выемок и насыпей, бульдозеры можно использовать также для строительной планировки орошаемых участков, строительных площадок и др.

При дальности перемещения до 50...100 м бульдозеры применяют для производства различных вскрышных работ, в том числе для снятия растительного грунта в основании качественных насыпей. Бульдозеры используют также при производстве работ, связанных с отсыпкой грунта в воду, при перекрытии русл рек, каналов, засыпке промоин дамб каналов (рис. 5, е).

Универсальные бульдозеры при постановке отвала под прямым углом к оси тягача используют так же, как и бульдозеры с неповоротным отвалом. Возможность изменения угла захвата в плане, а у некоторых бульдозеров и угла зарезания дает им преимущества при выполнении некоторых видов работ. Это позволяет использовать универсальные бульдозеры на засыпке траншей (рис. 5, з), при снятии растительного слоя с полосы под насыпи (рис. 5, и), при устройстве террас и выемок на косогорных участках (рис. 5, к), при профилировании полотна грунтовых дорог (рис. 5, л). Все эти работы выполняют при движении бульдозера вдоль оси сооружения без затрат времени на повороты и холостые пробеги. Возможность поперечного перемещения грунта при продольном движении бульдозера позволяет применять бульдозеры с поворотным отвалом для работы в стесненных условиях при наличии узкой полосы вдоль объекта (рис. 5, з).

### **3. Производительность бульдозеров**

В зависимости от вида выполняемых работ (разработка грунта или планировка поверхности) производительность бульдозеров выражают в единицах объема или площади.

Различают следующие виды производительности:

- 1) Конструктивная (теоретическая)
- 2) Техническая (при ее расчете учитывают некоторые условия производства работ,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ).
- 3) Эксплуатационная – она в большей степени учитывает условия производства ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ,  $\text{м}^3/\text{см}$ ,  $\text{м}^3/\text{мес.}$ ,  $\text{м}^3/\text{год}$ )

К числу факторов, наиболее существенно влияющих на производительность бульдозеров, относятся: физические свойства (механический состав, плотность, влажность) грунта, дальность его перемещения, уклоны местности, а также геометрические размеры и форма отвалов.

При разработке и перемещении грунта бульдозер работает как машина циклического действия, и его производительность рассчитывается по формуле ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ):

$$П = qnK_{\Pi} K_i K'_p K_B,$$

где  $q$  — объем грунта, перемещаемый отвалом и зависящий от геометрических размеров отвала и условий перемещения грунта;  $n$  — число циклов в час при определенной дальности перемещения грунта;  $K_{\Pi}$  — коэффициент потерь грунта в боковые валики, зависящий от дальности перемещения и вида грунта;  $K_i$  — коэффициент, учитывающий влияние уклона пути;  $K'_p$  — коэффициент приведения грунта к первоначальной плотности;  $K_B$  — коэффициент использования рабочего времени.

Объем грунта ( $q$ , м<sup>3</sup>), который может быть набран перед отвалом, определяется по формуле:

$$q = fb_0K_H = \frac{H_0^2 b_0 \sin \beta}{2 \operatorname{tg} \varphi} K_H,$$

где  $f = 0,5 \cdot H_0 \cdot H_0 / \operatorname{tg} \varphi$  — площадь поперечного сечения грунта перед отвалом;  $b_0$  — ширина отвала, м;  $H_0$  — высота отвала, м;  $\beta$  — угол захвата (см. рис. 4), град;  $\varphi$  — угол естественного откоса грунта (30...40°);  $K_H$  — коэффициент заполнения емкости перед отвалом бульдозера в долях единицы от наибольшего возможного наполнения ( $\approx 0,6...0,8$ ).

$$K_p = V_p / V_e, K'_p = 1 / K_p$$

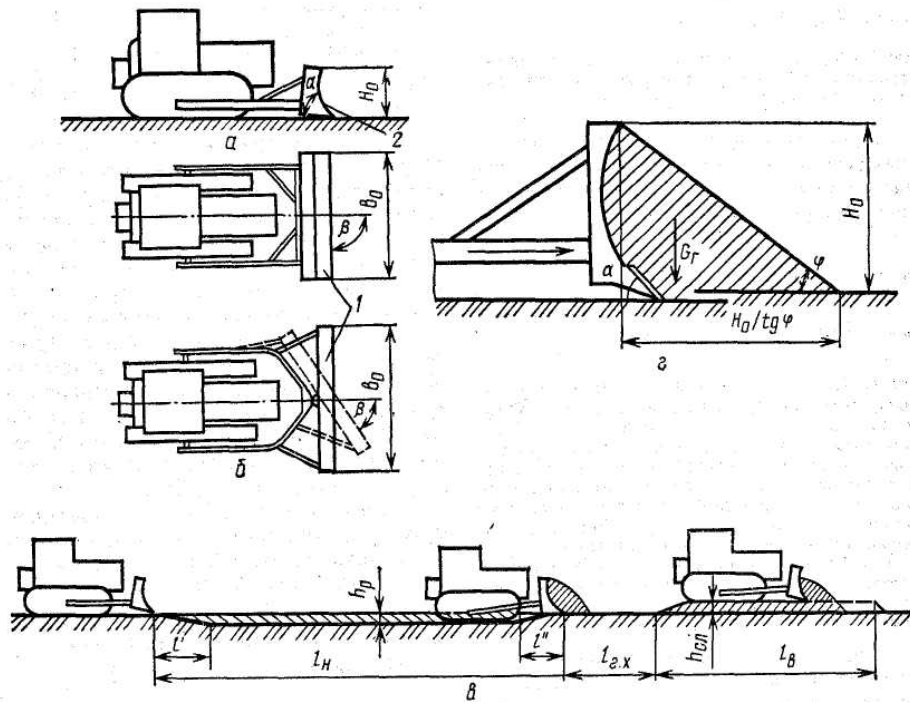


Рис. 6 — Схемы работы бульдозеров

Число циклов бульдозера в час

$$n = 3600/t_{\Pi},$$

продолжительность одного цикла

$$t_{\Pi} = t_{\text{н}} + t_{\text{г.х}} + t_{\text{х.х}} + 2t_{\Pi} + mt_{\text{п.п}} + t_0 = \\ = \frac{l_{\text{н}}}{K_v v_{\text{н}}} + \frac{l_{\text{г.х}}}{K_v v_{\text{г.х}}} + \frac{l_{\text{н}} + l_{\text{г.х}}}{K_v v_{\text{х.х}}} + \\ + 2t_{\Pi} + mt_{\text{п.п}} + t_0,$$

где  $t_{\text{н}}$ ,  $t_{\text{г.х}}$ ,  $t_{\text{х.х}}$ ,  $t_{\Pi}$ ,  $t_{\text{п.п}}$ ,  $t_0$  — соответственно продолжительности резания грунта, перемещения грунта, обратного (холостого) хода, одного поворота на  $180^\circ$  (10...20 с), одного переключения скорости (5 с), опускания отвала в рабочее положение (1...2 с);  $m$  — число переключений скоростей трактора в течение одного цикла;  $l_{\text{н}}$ ,  $l_{\text{г.х}}$  — длины путей резания грунта и перемещения к месту укладки, м;  $v_{\text{н}}$ ,  $v_{\text{г.х}}$ ,  $v_{\text{х.х}}$  — скорости движения бульдозера соответственно при резании грунта, перемещении грунта и обратном ходе, м/с;  $K_v$  — коэффициент, учитывающий снижение скоростей по сравнению с расчетной конструктивной скоростью трактора (средние значения коэффициентов снижения скорости при резании и перемещении грунта составляют 0,7... 0,75, при обратном холостом ходе — 0,85...0,9).

Коэффициент потерь грунта в зависимости от дальности его перемещения приближенно определяется зависимостью

$$K_{\Pi} = 1 - k_l l_{\text{г.х}},$$

где  $k_l$  — опытный коэффициент, изменяющийся от 0,008 до 0,04; большие значения относятся к сухим сыпучим грунтам, меньшие — к связным (по данным Ю. Б. Дейнего);  $l_{\text{г.х}}$  — длина пути перемещения грунта до места отсыпки, м.

С увеличением дальности перемещения грунта производительность бульдозеров резко снижается вследствие увеличения продолжительности цикла и потерь грунта в боковые валики.

При выполнении бульдозерами работ по планировке поверхности их эксплуатационную производительность ( $\text{м}^2/\text{ч}$ ) определяют по формуле

$$P_{\text{п.п}} = \frac{3600L (b_0 \sin \beta - 0,5)}{m \left( \frac{L}{v} + t_{\Pi} \right)} K_v,$$

где  $L$  — длина планируемого участка;  $b_0$  — ширина отвала; 0,5 м — ширина перекрытия смежными проходами;  $\beta$  — угол захвата (для неповоротных отвалов  $\beta = 90^\circ$  и  $\sin \beta = 1$ );  $v$  — скорость движения тягача при планировке, м/с;  $t_{\Pi}$  — продолжительность разворота в конце планируемого участка, с;  $m$  — число проходов по одному месту.

### Вопросы для самоконтроля

8. Области применения бульдозеров
9. Условия применения бульдозеров
10. Рабочий цикл бульдозеров
11. Схемы резания грунта бульдозером
12. Схемы рабочих перемещений бульдозеров
13. Производительность бульдозера и пути ее повышения

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

#### Основная литература

1. Белецкий, Б. Ф. Технология и механизация строительного производства [Электронный ресурс] / Б. Ф. Белецкий. - 4-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2011. - 752 с. - ISBN 978-5-8114-1256-3 : Б. ц.
2. Белецкий, Б. Ф. Строительные машины и оборудование [Электронный ресурс] / Б. Ф. Белецкий, И. Г. Булгакова. - 3-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2012. - 608 с. - ISBN 978-5-8114-1282-2
3. Болотин, С. А. Организация строительного производства : учебное пособие / С. А. Болотин, А. Н. Вихров. - 3-е изд., стер. - М. : Академия, 2009. - 208 с. - (Высшее проф. образование. Строительство). - ISBN 978-5-7695-6471-0.
4. Иванов Е.С. Организация строительства объектов природообустройства. -М.: Колос, 2009, 415 стр.

#### Дополнительная литература

1. Абдразаков Ф.К., Бахтиев Р.Н., Волков А.В. Организация инженерных работ при строительстве каналов: метод. пособие к выполнению курсовых проектов /ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ» – Саратов, 2009. – 36 с.
2. Абдразаков, Ф. К. Организация и технология производства скреперных работ : метод. указ. по выполнению практ. работы / ФГОУ ВПО СГАУ, Факультет природообустройства ; сост. Ф. К. Абдразаков, Р. Н. Бахтиев, А. В. Волков. - Саратов : ФГОУ ВПО "Саратовский ГАУ", 2009. - 16 с.
3. Организация строительного производства : учебник для строительных вузов / Л. Г. Дикман. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. - 608 с.
4. Стаценко, А. С. Технология строительного производства / А. С. Стаценко. - Ростов н/Д. : Феникс, 2006. - 416 с. - (Высшее образование).
5. Соколов, Г. К. Технология строительного производства : учебное пособие / Г. К. Соколов. - М. : Академия, 2006. - 544 с.
6. Сабо, Евгений Дюльевич. Гидротехнические мелиорации объектов ландшафтного строительства : учебник / Е. Д. Сабо, В. С. Теодоронский, А. А. Золотаревский. - М. : Академия, 2008. - 336 с. : ил. - (Высшее проф. образование. Ландшафтное строительство). - ISBN 978-5-7695-4318-0
7. Ясинецкий В.Г., Фенин Н.К. Организация и технология гидромелиоративных работ. М.,1986.
8. Библиотека ГОСТов и нормативных документов <http://libgost.ru>

## ЛЕКЦИЯ 3

### **ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ СКРЕПЕРАМИ**

#### **1. Области и условия применения скреперов**

Название «скрепер» обозначает с английского слова «скребок»

Скрепер является высокопроизводительной машиной циклического действия, выполняющей операции по разработке, транспортированию и укладке грунта в отвал (насыпь) с частичным его уплотнением. Рабочим органом скрепера служит ковш с ножевым устройством, который при движении (под действием тягача или собственного двигателя) осуществляет послойное резание (копание) грунта с одновременным набором его в ковш. Переход в транспортное положение осуществляется выглублением ковша с одновременным его закрытием. Разгружается грунт послойно в процессе движения при помощи наклона ковша или перемещения его задней стенки.

Скрепер применяется:

- При разработке грунта в выемках глубиной 4...5 м.
- Возведении насыпей
- Вскрыша и подготовке оснований
- Планировке площадей
- Срезка грунта с откосом при крутизне 1:3,5
- Используется как транспортное средство

Условия применения:

1) По грунтам

- грунт должен иметь нетвердые включения размером  $\frac{2}{3}$  глубины копания.
- скрепер работает плохо на сухих сыпучих грунтах и тяжелых глинистых.

Тяжелые глинистые грунты предварительно разрыхляют

2) По дорогам

- Дальность возки грунта для прицепных 400...800 м.
- для самоходных 3...5 м.
- допустимые уклоны дорог

для прицепных - 0,15...0,3

для самоходных – 0,12...0,25

3) По размеру и объему сооружений

- Ширина режущей кромки должна быть меньше выемки
- Скрепер должен свободно перемещаться по насыпи
- Находясь в выемке скрепер должен иметь свободу маневра
- Соответствия объема работ по емкости ковша

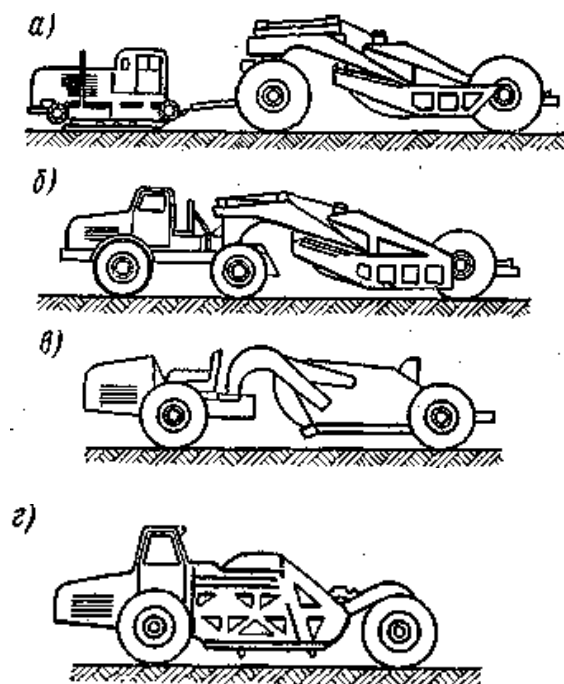
до 20000 м<sup>3</sup> – q = 6...7 м<sup>3</sup>

20000...60000 м<sup>3</sup> - q = 7...10 м<sup>3</sup>

60000...100000 м<sup>3</sup> – q = 10...15 м<sup>3</sup>

более 100000 м<sup>3</sup> – q = 15...25 м<sup>3</sup>

Скреперы бывают прицепные, полуприцепные и самоходные (рис. 7).



**а** — прицепной двухосный (с тракторным тягачом); **б** — полуприцепной одноосный (с колесным двухосным тягачом сидельного типа); **в** — полуприцепной (на базе одноосного тягача); **г** — самоходный

Рис. 7 — Схемы скреперов

Прицепные скреперы используют на расстоянии 250 – 300 м., самоходные до 2,5...3 км. По способу управления – с канатно-блочным и гидравлическим управлением, а по способу разгрузки ковша – с принудительной, полупринудительной и свободной (самосвальной) разгрузкой.

Скреперы используются на земляных работах при планировке строительных площадок, отсыпке насыпи дорог и укладке грунта в сооружаемые перемычки, дамбы, плотины, разработке грунта в выемках (котлованах, каналах), вскрышных работах, разработке карьеров и т.п. Скреперы предназначены для послойной разработки грунтов I и II групп, грунты III группы и мерзлые должны быть предварительно разрыхлены.

На производстве применяют скреперы различных моделей с ковшами емкостью 1,5 – 25 м<sup>3</sup>. В настоящее время выпущены опытные образцы скреперов с ковшами емкостью до 80 м<sup>3</sup> и скреперные поезда общей вместимостью 160–200 м<sup>3</sup>. Выпускаются скреперы прицепные к серийным тракторам с вместимостью ковша 1,5; 3; 6; 10 и 15 м<sup>3</sup>, а полуприцепные и самоходные – вместимостью 4; 6; 10; 15 и 25 м<sup>3</sup>.

Область применения скреперов ограничивается дальностью транспортирования грунта. Так, прицепные тракторные скреперы с ковшом вместимостью до 5 м<sup>3</sup> целесообразно применять при транспортировании грунта до 300 м, при 6 м<sup>3</sup> – 600 м, при 10 м<sup>3</sup> – до 750 м, при 15 м<sup>3</sup> – до 1000 м. Быстроходные полуприцепные и самоходные скреперы, способные развивать скорость до 40 км/ч и выше, могут использоваться при перемещении грунта до 3 км и более.

Таблица 6

## Основные технические характеристики скреперов

Марка (тип трактора)	Мощность, кВт	Масса, т	Емкость ковша, м <sup>3</sup> (размер отвала, м)	Наибольшие размеры разработки, м		Габариты (длина × ширина × высота), м	Произ- води- тель- ность, м <sup>3</sup> /ч
				шири- на	глубина (высо- та)		
<i>Скреперы прицепные</i>							
ДЗ-30 (Т-74)	55	2,8	3	1,9	0,15	5,8×2,4×2,1	35
ДЗ-57 (ТП-4)	66	4,8	5	2,4	0,25	6,8×2,9×2,2	45
ДЗ-20А (Т-100)	79	7,3	7	2,7	0,3	7,3×3,2×2,4	50
ДЗ-77С (Т-130)	118	9,8	8	2,7	0,35	9,9×3,1×2,7	60
ДЗ-26 (Т-180)	132	9,2	10	2,8	0,3	9,0×3,2×2,7	90
ДЗ-23 (ДЭТ-250)	221	16,3	15	2,9	0,35	11,3×3,4×3,1	110
<i>Скреперы самоходные</i>							
ДЗ-11П	158	19	9	2,7	0,3	10,2×3,2×2,9	40
ДЗ-32	177	20	10	2,9	0,3	10,2×3,2×2,9	50
ДЗ-13	265	35	15	2,8	0,35	13,9×3,6×3,8	70
ДЗ-115	265×2	44	15	3,0	0,35	13,9×3,6×3,8	100
ДЗ-67	315×2	64	25	3,6	0,4	16,1×4,4×4,3	120

**2. Технология скреперных работ**

Цикл работы скрепера состоит из операций разработки грунта с одновременным наполнением ковша, транспортировки, разгрузки и холостого хода. От способа выполнения этих операций, а также от принятой схемы движения скрепера из забоя к месту укладки грунта и обратно зависит производительность скрепера.

Наполнение ковша следует осуществлять на первой передаче при прямолинейном движении скрепера под уклон. Длина пути и время набора грунта при движении под уклон по сравнению с движением по горизонтали значительно сокращаются, а коэффициент наполнения ковша увеличивается. Время наполнения ковша скрепера в значительной степени зависит от способа резания грунта и принятой последовательности разработки выемки. Резание грунта может осуществляться тонкой стружкой примерно одинаковой толщины, клиновидной стружкой с постепенным выглублением ковша и стружкой переменного гребенчатого профиля. При первом, наиболее простом способе резания не делаются никакие промежуточные выглубления и заглабления ножа, и грунт срезается тонкой стружкой одинаковой толщины на всем пути набора грунта в ковш. Наиболее производительным является способ срезки грунта клиновидной стружкой, позволяющий значительно сократить путь и время набора ковша. Вначале резания грунт беспрепятственно входит в пустой или мало наполненный ковш, поэтому можно срезать грунт толстой стружкой. Но по мере наполнения ковша грунтом приходится несколько выглублять ножевое устройство, так как увеличивается вес скрепера и сопротивление наполнению. Срезка грунта стружкой гребенчатого профиля достигается путем многократного выглубления и заглабления ножа скрепера в процессе его перемещения. Этот способ резания также позволяет



более рационально использовать мощность двигателя и обеспечивает полную загрузку ковша.

Длина пути набора грунта (м) может быть определена по формуле:

$$l_{\text{н}} = \frac{qK_{\text{н}}K_{\text{п}}}{K_{\text{н}}hb_{\text{н}}K_{\text{р}}};$$

длина (м) пути выгрузки грунта

$$l_{\text{в}} = \frac{qK_{\text{н}}}{h_{\text{сл}}b_{\text{н}}},$$

где  $q$  — геометрическая вместимость ковша, м<sup>3</sup>;  $b_{\text{н}}$  — ширина полосы захвата грунта ножами скрепера (ширина ковша), м;  $h$  — средняя толщина стружки грунта за время набора, м (табл. 21);  $h_{\text{сл}}$  — средняя толщина слоя отсыпки грунта в насыпь, м;  $K_{\text{н}}$  — коэффициент наполнения ковша грунтом;  $K_{\text{р}}$  — коэффициент разрыхления грунта;  $K_{\text{п}}$  — коэффициент потерь грунта при наборе ( $\approx 1,2$ );  $K_{\text{н}}$  — коэффициент неравномерности толщины стружки ( $\approx 0,7$ ).

Толщина слоя укладки грунта зависит от конструктивных особенностей скрепера и требований, предъявляемых технологией последующей обработки грунта (разравнивание, увлажнение, уплотнение). Если грунт отсыпают в качественную насыпь, то толщину слоя укладки назначают, исходя из технических возможностей средств уплотнения грунта. Толщина слоя укладки регулируется установкой на необходимой высоте ножа скрепера, выполняющего в данном случае роль разравнивателя.

### 3. Схемы рабочих перемещений скреперов

Принимая для производства работ скреперы, учитывают следующее:

- 1) грунтовые условия (скреперы плохо работают на сухих сыпучих и тяжелых глинистых грунтах, а также не могут быть использованы в грунтах с крупными каменными включениями, при наличии пней, крупных корней);
- 2) влажность грунтов (на влажных и липких грунтах коэффициент наполнения снижается до 0,3...0,5; при наличии грунтовых вод скреперы применять нельзя);
- 3) дальность перемещения грунта;
- 4) уклоны пути по местности и выездов из выемки и на насыпь;
- 5) размеры выемки и насыпи (скрепер должен иметь ширину режущей кромки не более ширины разрабатываемой выемки по дну и свободно размещаться по ширине насыпи (с запасом не менее 0,5 м с каждой стороны));
- 6) достаточность места для маневрирования скрепера в пределах выемки и на насыпи с учетом практического значения радиуса поворота;
- 7) общий объем работ и объем работ, приходящийся на один скрепер в условиях работы на рассматриваемом объекте.

Для небольших объемов земляных работ и для работ в стесненных условиях выгоднее применить скреперы с малой вместимостью ковша, исходя из условия свободного маневрирования ими. Для больших сосредоточенных объемов работ на

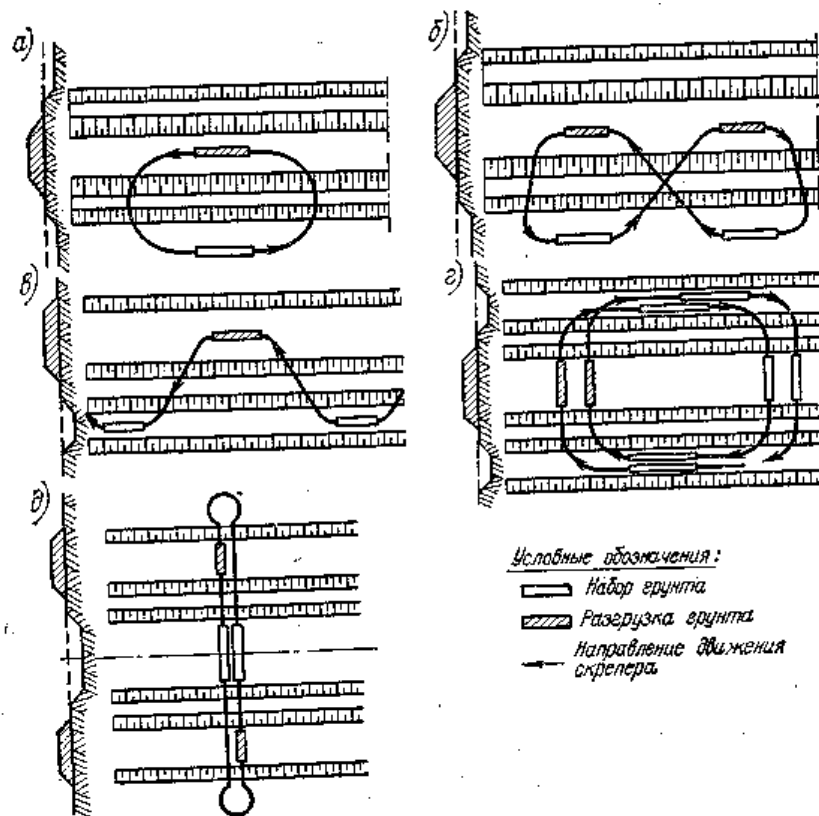
одном объекте выгоднее применять скреперы с большой вместимостью ковша. При больших дальностях возки выгоднее применять быстроходные самоходные скреперы.

Эффективность перемещения грунта скреперами в большой степени зависит от условий их передвижения, то есть от состояния путей и дорог. С ухудшением дорожных условий – увеличением сопротивлений передвижению – снижается эффективность использования самоходных скреперов, поэтому иногда выгоднее применять менее требовательные к дорогам – прицепные скреперы к гусеничным тягачам.

При производстве земляных работ скреперами разработка грунта может производиться продольным и поперечным способами.

При строительстве земляных сооружений большой протяженности (каналы, дамбы, дороги) рабочие передвижения скреперов возможны по одной из следующих схем (см. рис. 8):

- по эллипсу;
- восьмеркой;
- зигзагом;
- спиралью;
- поперечно-челночной и др.



а — по эллипсу; б — восьмеркой; в — зигзагообразное; г — по спирали; д — поперечно-челночная

Рис. 8 Схемы движения скреперов.

#### 4. Производительность скрепера

Производительность ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) скреперов подсчитывают по формуле, общей для всех машин циклического действия:

$$\Pi = q \cdot n \cdot K_n \cdot K_B / K_p$$

где  $q$  – геометрическая вместимость ковша,  $\text{м}^3$ ;  $n$  – число циклов скрепера в единицу времени (в данном случае за час);  $K_n$  – коэффициент наполнения ковша;  $K_p$  – коэффициент разрыхления грунта;  $K_B$  – коэффициент использования рабочего времени.

Число циклов в час определяется по формуле:

$$n = 3600 / t_{\text{ц}} ; ,$$

где  $t_{\text{ц}}$  – продолжительность цикла, с.

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

$$t_{\text{ц}} = t_n + t_{\text{г.х.}} + t_B + t_{\text{х.х.}}$$

где  $t_n$ ,  $t_{\text{г.х.}}$ ,  $t_B$ ,  $t_{\text{х.х.}}$  – соответственно продолжительности набора грунта, груженого хода, выгрузки, порожнего хода.

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

$$t_n = (l_n / v_n) \cdot K_3;$$

$$t_{\text{г.х.}} = (l_{\text{г.х.}} / v_{\text{г.х.}}) \cdot K_3;$$

$$t_B = (l_B / v_B) \cdot K_3;$$

$$t_{\text{х.х.}} = (l_{\text{х.х.}} / v_{\text{х.х.}}) \cdot K_3;$$

где  $l_n$ ,  $l_B$ ,  $l_{\text{г.х.}}$ ,  $l_{\text{х.х.}}$  – длины участков пути набора, выгрузки, груженого и порожнего хода, м;  $v_n$ ,  $v_B$ ,  $v_{\text{г.х.}}$ ,  $v_{\text{х.х.}}$  – соответствующие элементам цикла скорости движения тягача при наборе, выгрузке, груженом и порожнем ходе, выбираемые в соответствии с тяговыми сопротивлениями на различных участках пути движения скрепера, м/с;  $K_3$  – коэффициент, учитывающий увеличение продолжительности элементов цикла за счет разгона при трогании с места, замедления при остановке и переключении передач, пробуксовке движителей по грунту.

#### Вопросы для самоконтроля

14. Области применения скрепера
15. Условия применения скрепера
16. Рабочий цикл скрепера
17. Схемы резания грунта скрепером
18. Схемы рабочих перемещений скреперов
19. Производительность скрепера и пути ее повышения

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

##### Основная литература

1. Белецкий, Б. Ф. Технология и механизация строительного производства [Электронный ресурс] / Б. Ф. Белецкий. - 4-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2011. - 752 с. - ISBN 978-5-8114-1256-3 : Б. ц.
2. Белецкий, Б. Ф. Строительные машины и оборудование [Электронный ресурс] / Б. Ф. Белецкий, И. Г. Булгакова. - 3-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2012. - 608 с. - ISBN 978-5-8114-1282-2
3. Болотин, С. А. Организация строительного производства : учебное пособие / С. А. Болотин, А. Н. Вихров. - 3-е изд., стер. - М. : Академия, 2009. - 208 с. - (Высшее проф. образование. Строительство). - ISBN 978-5-7695-6471-0.

4. Иванов Е.С. Организация строительства объектов природообустройства. -М.: Колос, 2009, 415 стр.

Дополнительная литература

1. Организация строительного производства : учебник для строительных вузов / Л. Г. Дикман. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. - 608 с.
2. Стаценко, А. С. Технология строительного производства / А. С. Стаценко. - Ростов н/Д. : Феникс, 2006. - 416 с. - (Высшее образование).
3. Соколов, Г. К. Технология строительного производства : учебное пособие / Г. К. Соколов. - М. : Академия, 2006. - 544 с.
4. Сабо, Евгений Дюльевич. Гидротехнические мелиорации объектов ландшафтного строительства : учебник / Е. Д. Сабо, В. С. Теодоронский, А. А. Золотаревский. - М. : Академия, 2008. - 336 с. : ил. - (Высшее проф. образование. Ландшафтное строительство). - ISBN 978-5-7695-4318-0
5. Ясинецкий В.Г., Фенин Н.К. Организация и технология гидромелиоративных работ. М.,1986.
6. Библиотека ГОСТов и нормативных документов <http://libgost.ru>

## ЛЕКЦИЯ 4

### ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ ОДНОКОВШЫМИ ЭКСКАВАТОРАМИ

#### 1. Области и условия применения одноковшовых экскаваторов

Документально историю землеройной техники, в частности экскаваторов, можно начать писать с начала 15 века, когда в венецианском издании «Кодекса Джованни Фонтана» 1420 года был опубликован рассказ о ковшедолбежной землечерпалке, использовавшейся для углубления дна каналов, расширения морских гаваней. Но официально идея создания землеройных машин принадлежит Леонардо да Винчи, который в начале 16 в. предложил схемы экскаваторов-драглайнов. К 1500 году относится набросок чертежа грейфера для землечерпалки. Несколько лет спустя Леонардо руководил прокладкой каналов в засушливой Миланской долине. На земляных работах он применил землечерпалку собственной конструкции.

Одноковшовый экскаватор – самоходная землеройная машина, которая при помощи ковша отделяет грунт от массива, перемещает его и выгружает в отвал или транспортные средства. Эта машина благодаря мощным рыхлящим способностям и высокой производительности при разработке грунтов различных категорий получила наибольшее распространение в производстве земляных работ.

Экскаваторы применяют при рытье котлованов под фундаменты зданий, разработке каналов и траншей, возведении дорожного земляного полотна, планировочных работах, а также при выполнении специальных видов земляных работ, например для вскрытия пластов угля, или руды и т.д.

Для строительных целей применяются экскаваторы с ковшом вместимостью 0,15; 0,25; 0,4; 0,5; 0,65; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5 и 4,0 м<sup>3</sup>. Более мощные экскаваторы в основном предназначены для работы на строительстве крупных гидротехнических сооружений, в карьерах на скальных и рудных разработках (вместимость ковша 2–8 м<sup>3</sup>), для вскрышных работ, т.е. для удаления верхних слоев грунта, закрывающих полезные ископаемые (вместимость ковша до 50 м<sup>3</sup> и более).

Для выполнения различных земляных и некоторых строительно-монтажных работ универсальный экскаватор имеет сменное оборудование: прямая лопата, обратная лопата, драглайн, грейфер, корчеватель, глыбозахватчик, рыхлитель (дизель-молот и др.), засыпатель, копер и др. Выпускаются и специальные экскаваторы, работающие только с одним видом оборудования.

#### ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ:

Обратная лопата- разработка грунта в траншеях под трубопроводы и закрытый горизонтальный дренаж.

Особенности: разработка грунта только ниже уровня стояния; возможна экскавация грунтов любой влажности, в том числе черпание из-под воды.

Прямая лопата – разработка грунта и строительных материалов в карьерах, в выемках крупных котлованов и каналов с погрузкой в транспортные средства

Особенности: разработка грунта только выше уровня стояния; работают только с погрузкой в транспортные средства; возможна экскавация любых грунтов; нельзя применять в мокрых забоях и при наличии грунтовых вод.

Драглайн - разработка грунта в выемках каналов, котлованов в отвал и в транспортные средства; уширение каналов без перерыва подачи воды; вскрышные работы; добыча песка и гравия из - под воды.

Особенности: разработка грунта только ниже уровня стояния; возможна экскавация сухих, переувлажненных грунтов и из-под воды, требуется рыхление плотных грунтов.

Грейфер – разработка грунта в колодцах, котлованах под опоры разных типов, погрузка и разгрузка сыпучих материалов при использовании любых транспортных средств и на складах;

Особенности: набор грунта на горизонтальных площадках, либо выше уровня стояния; экскавация грунтов любой влажности, в том числе из-под вод; хорошо работают в отвал и с погрузкой в транспортные средства; используется для работы в стесненных условиях при малой площади выемок; малая производительность из-за большой продолжительности цикла и большой массы ковша.

Классификация одноковшовых экскаваторов следующая (рис. 9).

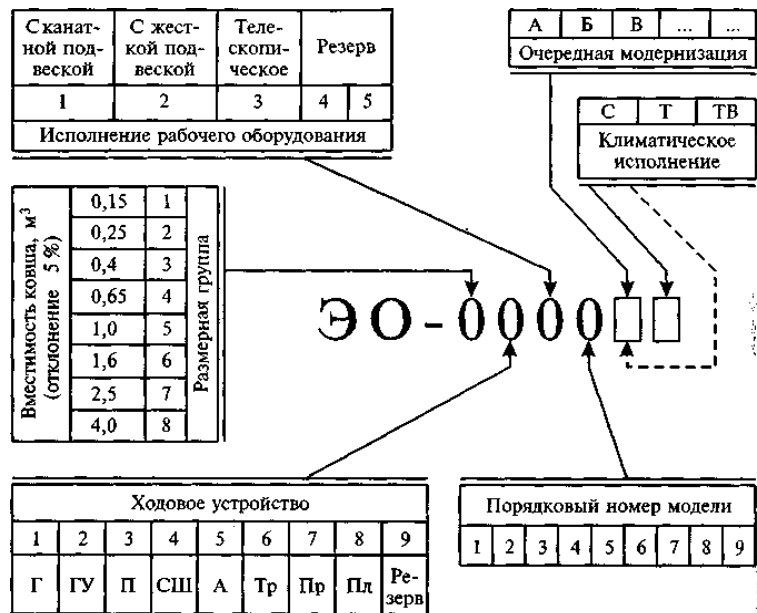


Схема маркировки одноковшовых универсальных экскаваторов:  
 ЭО – экскаватор одноковшовый универсальный; С – северное исполнение; Т – тропическое исполнение; ТВ – тропическое влажное исполнение; Г – гусеничное ходовое устройство с минимально допускаемой поверхностью гусениц; ГУ – гусеничное ходовое устройство с увеличенной поверхностью гусениц; П – пневмоколесное ходовое устройство; СШ – специальное шасси автомобильного типа; А – шасси грузового автомобиля; Тр – трактор; Пр – прицепное ходовое устройство; Пл – плавучее ходовое устройство

Рис. 9 – Схемы маркировки одноковшовых универсальных экскаваторов

Таблица 7

## Основные технические характеристики одноковшовых экскаваторов

Марка (тип трактора)	Мощность, кВт	Масса, т	Емкость ковша, м <sup>3</sup> (размер отвала, м)	Наибольшие размеры разработки, м		Габариты (длина × × ширина × × высота), м	Произ- води- тель- ность, м <sup>3</sup> /ч
				шири- на	глубина (высо- та)		
<i>Экскаваторы</i>							
ЭО-2621А	44	5,5	0,25	10	2,2	7,5×2,0×2,25	20
ЭО-3322	55	14,5	0,4...0,5	16,4	5,2	9,3×2,5×3,1	25
ЭО-3332	55	14,5	0,4	17,2	5,1	8,8×2,3×3,1	25,5
Э-5015А	59	13,0	0,5	14,6	3,9	8,1×2,8×3,0	30
ЭО-4321	59	19,2	0,65	18,0	5,6	9,1×3,0×4,5	40
ЭО-4121	95	24,5	1,0	18,8	5,0	10,4×3,0×3,2	50
ЭО-5122	125	35,8	1,25; 1,6	18,8	5,0	13,0×3,1×4,9	60
ЭО-5123	125	37,0	2,0	20,4	5,5	13,0×3,1×4,9	80
ЭО-6122	150	58,0	5,0	20,4	5,3	14,0×3,6×5,5	100

Рабочее место экскаватора называется забоем. По мере разработки грунта в забое экскаватор перемещается, оставляя разработанные участки, называемые проходками. Работа экскаватора в забое должна быть организована так, чтобы обеспечить наилучшее использование оборудования и высокую производительность труда при наименьшей стоимости работ. Очень важное значение, кроме правильного выбора забоя, имеет применение наиболее удобных приемов работы, которые зависят от группы разрабатываемого грунта, типа забоя и от принятого рабочего оборудования.

Для производства земляных работ в строительстве чаще всего используют экскаваторы, оборудованные обратной лопатой, прямой лопатой, драглайном и грейфером.

## 2. Разработка грунта экскаваторами с рабочим оборудованием обратная лопата

Экскаваторы с рабочим оборудованием обратная лопата применяют главным образом для разработки грунта в нешироких каналах, в небольших котлованах, траншеях с крутыми откосами. Обратные лопаты набирают грунт ниже уровня стояния экскаватора, что позволяет использовать их для разработки грунтов, залегающих ниже уровня грунтовых вод. Это свойство обратных лопат дает возможность применять их при устройстве и очистке каналов.

Разрабатываемый обратной лопатой грунт отсыпают чаще всего в отвал. При необходимости грунт может быть погружен в транспортные средства. Для этих целей лучше приспособлены экскаваторы с жесткой подвеской рабочего оборудования и гидравлическим приводом, обеспечивающим независимый поворот ковша по отношению к рукояти.

Разработку грунта обратными лопатами можно вести продольным (вдоль оси сооружения) и поперечным способами. При продольной разработке экскаватор перемещается по оси выемки и отсыпает грунт на две или одну сторону. Такой способ применяют для разработки траншей, нешироких каналов и котлованов.

При разработке связных грунтов откосы временных траншей могут быть получены вплоть до вертикальных. Наименьшая возможная ширина выемки равна ширине ковша обратной лопаты. Наибольшая возможная ширина выемки при продольной разработке зависит от размещения отвалов грунта. Для получения более ровной поверхности откосов и для устройства траншей с малой шириной по дну применяют специальные профильные ковши. Выемки большой ширины разрабатываются поперечным способом, при котором обратная лопата размещается и передвигается сбоку от выемки, отсыпая грунт в односторонний отвал или в транспортные средства. Грунт в котлованах большой ширины разрабатывают только с погрузкой в транспортные средства за несколько проходов.

При продольной разработке

$$H_{в} \geq H_{к}; 0,8R_{р} \leq B \leq 2,5R_{р}$$

При поперечной разработке грунта

$$H_{в} \geq (h_{у} + h_{т} + d); B \geq 2R_{р}$$

где B-ширина забоя, м.

$h_{у}$ -высота уступа бокового забоя на котором может находиться трансп. ср.;

$h_{т}$ -высота транспортного средства, м;

d-запас над бортом кузова, м;

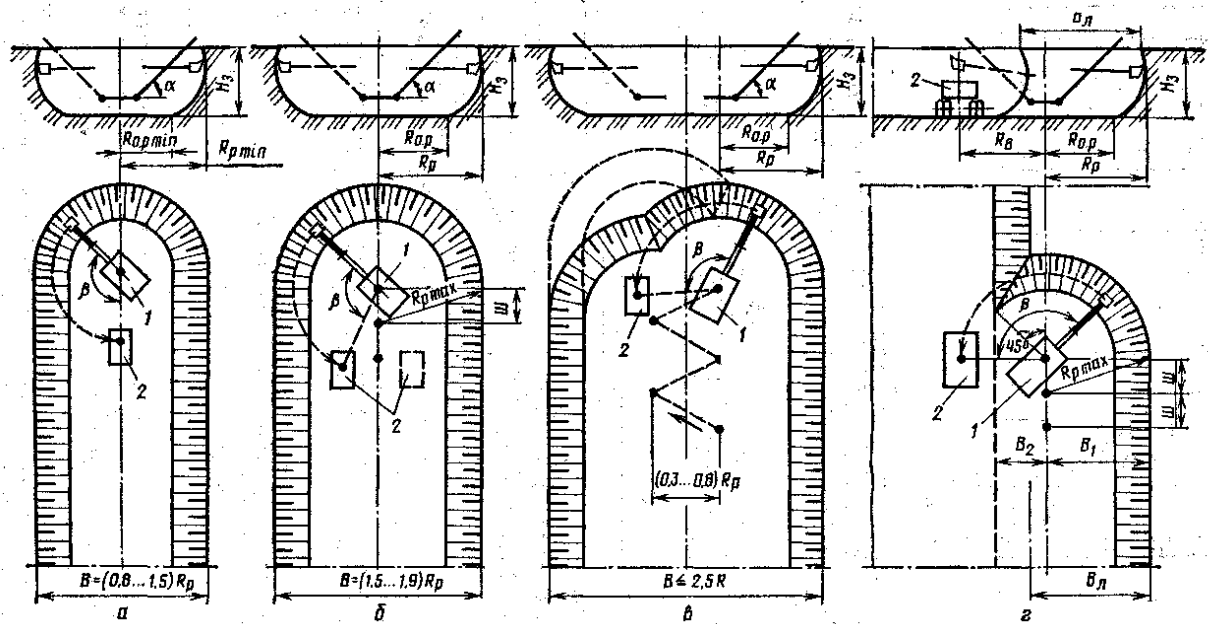
### **3. Разработка грунта экскаваторами с рабочим оборудованием прямая лопата**

Прямую лопату используют, в основном, при работе с погрузкой в транспортные средства, кроме случаев разработки выемок на косогорах и применения в горнодобывающей промышленности специальных вскрышных прямых лопат с длинной стрелой. Экскаватор при работе с прямой лопатой размещается на дне забоя. Ковш прямой лопаты заполняется грунтом при движении вверх вдоль откоса забоя.

Высота забоя прямой лопаты имеет три характерных значения: минимальное, нормальное, максимальное. Минимальная высота забоя прямой лопаты соответствует глубине выемки, при которой достигается заполнение ковша за одно черпание. На легких грунтах с малым сопротивлением резанию толщина стружки может быть большая, что позволяет сократить длину набора. В тяжелых грунтах из-за малой толщины стружки минимальная высота забоя будет больше. Максимальная высота забоя соответствует наибольшей возможной высоте подъема ковша над уровнем стояния экскаватора. При высоте забоя, превышающей наибольшую высоту резания грунта экскаватором, сверху образуется так называемый «kozyрек», особенно в связных и влажных грунтах. При обрушении козырька могут быть нанесены повреждения, как механизмам, так и обслуживающему персоналу.

В зависимости от ширины разрабатываемой выемки различают два вида забоев прямой лопаты – лобовой и боковой.





Забои экскаваторов с рабочим оборудованием прямая лопат:  
 а — продольный (лобовой) с подъездом транспортных средств в один ряд; б — то же, в два ряда; в — уширенный торцевой с перемещением экскаватора по зигзагу; г — боковой (поперечный); 1 — экскаватор; 2 — положение транспортных средств.

Рис.10 – Забои экскаваторов с рабочим оборудованием прямая лопата

При лобовом забое экскаватор разрабатывает за один проход грунт впереди и сбоку от оси хода, которую совмещают с осью выемки (рис. 10, а). Разрабатываемый грунт грузят в транспортные средства, располагаемые на уровне подошвы забоя сзади по ходу экскаватора.

При боковой разработке экскаватор набирает грунт преимущественно сбоку от оси по ходу экскаватора (рис. 10, г). Грунт выгружают в транспортные средства, размещаемые либо на уровне стояния экскаватора, либо несколько выше на уступе, причем ось передвижения транспортных средств располагают параллельно оси хода экскаватора. Этот вид разработки возможен при широкой выемке, осуществляемой за два и более прохода.

Ширина выемки поверху при лобовом забое может колебаться в значительных пределах:

$$B_{л} = (0,8 \dots 1,9)R_{р}.$$

где  $R_{р}$  – радиус резания.

При ширине забоя поверху  $(0,8...1,5) \cdot R_{р}$  безрельсовые транспортные средства (самосвалы) подают с одной стороны сзади экскаватора (рис. 10, а), а при ширине поверху  $(1,5...1,9) \cdot R_{р}$  – с обеих сторон экскаватора попеременно, что исключает простои экскаватора при смене транспортных единиц и уменьшает среднее значение угла поворота (рис. 10, б). В некоторых случаях для сокращения холостых проходов экскаватора и облегчения условий маневрирования автосамосвалов можно применить уширенный до  $2,5 R_{р}$  лобовой забой с перемещением экскаватора по зигзагу (рис. 16, в).

При ширине выемки, превышающей  $2R_{р}$ , разработку грунта осуществляют при боковом забое, когда экскаватор набирает грунт преимущественно с одной стороны от оси перемещения и частично впереди себя (рис. 10, г).

При продольной разработке

$$R_{в.кон} \geq A; H_{в} \geq H_{к}; H_{р.п.} \geq H; B \geq 1,5B_{к}$$

При поперечной разработке грунта

$$(R_p + R_{в.кон}) \geq A; H_{р.т} \geq H; B \geq 1,5L_k$$

где  $R_{в.кон}$  - конечный радиус выгрузки, м.

$A$  - расстояние от оси выемки до внешней верхней бровки кавальера, м;

$$A = B/2 + m_n + c + m_k H_k + a_k$$

#### 4. Разработка грунта экскаваторами с рабочим оборудованием драглайн

Драглайны предназначены в основном для разработки грунта с отсыпкой его непосредственно в отвал, чему способствует значительная длина стрелы. Разработку грунта драглайном ведут ниже уровня стоянки экскаватора. Это позволяет разрабатывать мокрые и водонасыщенные грунты без предварительного их осушения или из-под воды.

При необходимости драглайны можно использовать для разработки грунта с погрузкой в транспортные средства, но менее успешно, чем экскаваторы с другими видами рабочего оборудования. Гибкая подвеска ковша к стреле усложняет точную установку ковша над кузовом, требует высокой квалификации машиниста и повышенной осторожности его, что влияет на производительность драглайна.

В зависимости от размеров выемки применяют различные способы разработки грунта драглайнами.

Продольную (или торцевую) разработку применяют для нешироких выемок, когда радиусом выгрузки экскаватора может быть перекрыто расстояние от оси выемки до внешней дальней бровки кавальера грунта.

Поперечную (боковую) разработку применяют при условии, что вся ширина полосы выемки и кавальера грунта может быть перекрыта радиусом резания в сумме с радиусом выгрузки.

Сравнительно редко применяют уширенную продольную и уширенную поперечную разработки грунта со смещением экскаватора вправо, влево и одновременно вперед (по зигзагу).

При большой ширине выемок производят поперечную разработку грунта на две стороны или же применяют комбинированные способы разработки за несколько проходов экскаватора. Первый проход выполняют с продольной разработкой грунта и отсыпкой его во временный промежуточный отвал. Из временного отвала грунт перебрасывают тем же экскаватором (или передвигают бульдозером) в постоянную часть отвала. После этого продолжают разработку грунта из выемки поперечным способом.

##### При продольной разработке

$$R_{в} \geq A; H_{в} \geq H_k; H_{рп} \geq H; B \geq 1,5B_k$$

где  $R_{в}$  - радиус выгрузки, м

$A$  - расстояние от оси выемки до внешней верхней бровки кавальера, м;

$H_{в}$  - высота выгрузки, м;

$H_k, H_{в}$  - соответ. высота, кавальера, глубина выемки ширина выемки по дну, м;

$H_{рп}$  - глубина при продольной разработке, м;

$B_k$  - ширина ковша, м;

$B$  - ширина канала по дну, м.

##### При поперечной разработке грунта

$$(R_p + R_{в}) \geq A_1; H_{р.т} \geq H; B \geq 1,5L_k$$

где  $R_{в}$  - радиус выгрузки, м

$R_p$  - радиус резания, м

$H_{в}$  - высота выгрузки, м;

Нр.т- глубина при поперечной разработке, м;  
 А<sub>1</sub>-расстояние от оси выемки до внешней верхней бровки кавальера с учетом необходимости перекрытия проходок по оси выемки, м;  
 Lк-длина ковша, м.

### 5. Разработка грунта экскаваторами с рабочим оборудованием грейфер

В ковш грейфера набирается грунт с площади, приблизительно равной размерам раскрытого ковша в плане, без перемещения ковша по поверхности забоя. Эта особенность позволяет использовать экскаваторы с грейферными ковшами для устройства глубоких и малого размера в плане выемок (котлованы водозаборных сооружений, шахтных и опускных колодцев и др.), а также на работах по разгрузке сыпучих материалов с открытых платформ, с барж (даже через люки, имеющиеся в палубе). Так как ковш грейфера врезается в грунт только под действием силы тяжести, то грейферные ковши имеют наибольшую массу, приходящуюся на единицу геометрической вместимости ковша. Стрела у грейферов та же, что и у драглайнов. Глубина резания грейфера из-за отсутствия горизонтального перемещения ковша при наборе грунта зависит главным образом от длины троса. Обычно она ограничивается вместимостью барабанов лебедок и условиями видимости места набора грунта.

Экскаватором с грейферным ковшом можно вести разработку грунта как ниже, так и выше уровня стояния. Разработку грунта ведут послойно, в связи с чем, откосы выемки приобретают ступенчатую форму и в необходимых случаях требуют зачистки.

С одной позиции экскаватором выбирают грунт в пределах полосы, ширина которой равна ширине захвата ковша грейфера. Отсюда шаг грейфера должен быть не больше ширины захвата его ковша.

### 6. Производительность одноковшовых экскаваторов

Техническая производительность одноковшового экскаватора определяется по формуле:

$$\Pi_T = 3600 \cdot \frac{q \cdot K_H}{t_{\text{ц}} \cdot K_p};$$

где q – вместимость ковша экскаватора, м<sup>3</sup>; K<sub>H</sub> – коэффициент наполнения ковша; K<sub>p</sub> – коэффициент разрыхления грунта; t<sub>ц</sub> – продолжительность рабочего цикла, с.

Эксплуатационная производительность:

$$\Pi_{\text{э}} = 3600 \cdot q \cdot \frac{K_H \cdot K_{\text{п}} \cdot K_y \cdot K_{\text{в}}}{t_{\text{ц}} \cdot K_p};$$

где K<sub>п</sub> – коэффициент, учитывающий влияние передвижек и переходов машины; K<sub>y</sub> – коэффициент влияния управления и квалификации машиниста; K<sub>в</sub> – коэффициент использования времени.

$$t_{\text{ц}} = t_k + t_{\text{п}} + t_{\text{в}} + t_{\text{п.з.}}$$

где t<sub>k</sub> – продолжительность копания, с; t<sub>п</sub> – продолжительность поворота на выгрузку, с; t<sub>в</sub> – продолжительность выгрузки, с; t<sub>п.з.</sub> – продолжительность поворота в забой.

#### Вопросы для самоконтроля

20. Области применения экскаваторов
21. Условия применения экскаваторов

22. Рабочий цикл экскаватора
23. Рабочие параметры экскаватора
24. Производительность экскаватора и пути ее повышения

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная литература

1. Белецкий, Б. Ф. Технология и механизация строительного производства [Электронный ресурс] / Б. Ф. Белецкий. - 4-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2011. - 752 с. - ISBN 978-5-8114-1256-3 : Б. ц.
2. Белецкий, Б. Ф. Строительные машины и оборудование [Электронный ресурс] / Б. Ф. Белецкий, И. Г. Булгакова. - 3-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2012. - 608 с. - ISBN 978-5-8114-1282-2
3. Болотин, С. А. Организация строительного производства : учебное пособие / С. А. Болотин, А. Н. Вихров. - 3-е изд., стер. - М. : Академия, 2009. - 208 с. - (Высшее проф. образование. Строительство). - ISBN 978-5-7695-6471-0.
4. Иванов Е.С. Организация строительства объектов природообустройства. -М.: Колос, 2009, 415 стр.

### Дополнительная литература

1. Организация строительного производства : учебник для строительных вузов / Л. Г. Дикман. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. - 608 с.
2. Стаценко, А. С. Технология строительного производства / А. С. Стаценко. - Ростов н/Д. : Феникс, 2006. - 416 с. - (Высшее образование).
3. Соколов, Г. К. Технология строительного производства : учебное пособие / Г. К. Соколов. - М. : Академия, 2006. - 544 с.
4. Сабо, Евгений Дюльевич. Гидротехнические мелиорации объектов ландшафтного строительства : учебник / Е. Д. Сабо, В. С. Теодоронский, А. А. Золотаревский. - М. : Академия, 2008. - 336 с. : ил. - (Высшее проф. образование. Ландшафтное строительство). - ISBN 978-5-7695-4318-0
5. Ясинецкий В.Г., Фенин Н.К. Организация и технология гидромелиоративных работ. М.,1986.
6. Библиотека ГОСТов и нормативных документов <http://libgost.ru>

## ЛЕКЦИЯ №5

### ПРОИЗВОДСТВО ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ГРУНТОУПЛОТНЯЮЩИМИ МАШИНАМИ

#### 1. Факторы, влияющие на уплотнение грунта

Одна из важнейших операций на строительстве любого земляного сооружения – уплотнение грунта. От качества уплотнения, например в автодорожном строительстве, зависят не только прочность и устойчивость сооружения, но и ровность покрытия, безопасность движения и срок службы дороги в целом. Важное и особое значение уплотнение грунта, имеет в гидротехническом строительстве.

Процессу уплотнения грунтов предъявляются следующие основные требования:

- ❖ оптимальная влажность грунта;
- ❖ толщина отсыпаемого слоя;
- ❖ выбор оптимальной массы уплотняющих машин.

В земляных сооружениях плотность грунта должна быть не ниже карьерной и отвечать СНиПу. Требуемую плотность грунта определяют по максимальной плотности, установленной методом стандартного уплотнения по методике Дорнии.

Достигнутое уплотнение грунта оценивается коэффициентом уплотнения, определяемый отношением:

$$K1 = \rho_0 / \rho_{ск}$$

где  $\rho_0$  – плотность грунта, полученная после уплотнения, г/см<sup>3</sup>

$\rho_{ск}$  – заданная контрольная плотность скелета грунта, г/см<sup>3</sup>

Максимальный коэффициент уплотнения грунта в естественном состоянии находится в пределах: 1,0; 0,95; 0,9. Пески, супеси, пылеватые суглинки имеют 1,1; 1,05; 1,0. Суглинки, глины – 1,05; 1; 0,95.

На практике необходимая плотность и оптимальная влажность устанавливается при привязке проекта к местным условиям.

Оптимальная влажность грунтов, при которой уплотнение наиболее эффективно, приведена в справочниках. Например, для песков 8 – 14%, супесей 9 – 15%, суглинкам 12 – 20%, а глинам 16 – 30%.

Необходимое для доувлажнения количество воды вычисляют по формуле:

$$q_v = (W_0 - W_e - W_{п}) / 100 \times (\gamma_e / \gamma_0),$$

где  $q_v$  – объем воды, необходимый для доувлажнения 1 м<sup>3</sup> грунта, м;  $W_0$  – оптимальная влажность, %;  $W_e$  – естественная влажность грунта в карьере или резерве, %;  $W_{п}$  – потеря влажности при транспортировке и укладке (1...2%);

$\gamma_e$  – плотность грунта в естественном состоянии, т/м<sup>3</sup>;  $\gamma_0$  – плотность воды, 1 т/м<sup>3</sup>.

Для уплотнения грунтов применяют грунтоуплотняющие машины, как статического действия на грунт, так динамического и вибрационного. Машины могут быть прицепными, навесными и самоходными, имеющие различные рабочие органы. Выбор машины в условиях умеренного климата зависит как от объема работ, так и от типа грунта и его свойств, а также производительности машин. (Имеются справочники, где рекомендуются выбор тех, или иных машин.)

Статического действия – это вальцовые, пневмоколесные, кулачковые, решетчатые катки, а динамического - трамбуемые машины; вибрационного - вибрационные катки и

плиты. Катки не могут быть использованы в стесненных условиях, труднодоступных местах, при большой крутизне уплотняемой поверхности (круче 1:5) и для уплотнения грунтов на глубину более 0,4...0,5м.

## 2. Способы уплотнения грунтов

При выборе типа катка необходимо учитывать характер взаимодействия его рабочего органа с грунтом. Катки с гладкими вальцами неравномерно передают нагрузку на грунт и неравномерно уплотняют его в пределах толщины уплотняемого слоя Но.

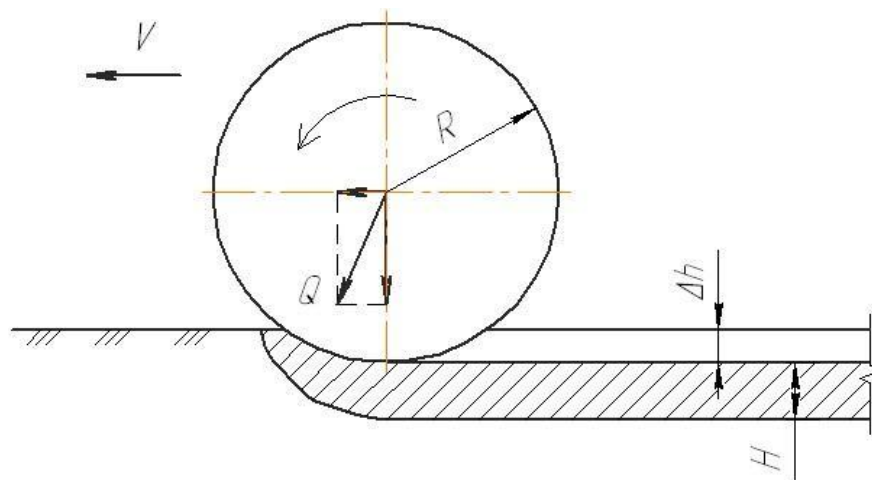


Рис. 11 – Схемы работы катка

**R**- радиус катка, см; **Δh**- глубина уплотнения грунта за 1 проход катка, см; **Но**- толщина уплотняемого слоя, см

### Существуют следующие уплотнения грунта:

- механическое уплотнение;
- уплотнение при отсыпки грунта в воду;
- естественное самоуплотнение (при наличии времени до ввода сооружений в эксплуатацию).

Среднее давление (МПа) в общем виде:

$$G_{\text{ср}} = Q / (впВ),$$

где Q – сила тяжести катка, Кн; вп – горизонтальная проекция опорной поверхности, см; В – ширина катка (длина образующей цилиндра), см.

Так как среднее давление величина переменная, то характеристику катка принято выражать силой тяжести, отнесенной к ширине катка В (Кн/см):

$$q_l = \frac{Q}{B}$$

Максимальное давление приближенно можно определить по формуле:

$$G_{\text{max}} = \sqrt{g_{\text{л}} \left( E_0 / R \right)}$$

где  $q_l$  – линейное давление (отнесенное к ширине катка), Кн/см R – радиус катка, см;  $E_0$  – модуль деформации грунта, МПа.

По оптимальной влажности грунта в конце процесса уплотнения можно принимать следующие значения модуля деформации:

- для связных грунтов..... 20МПа;
- для несвязных грунтов 10...15МПа.

Оптимальная толщина слоя уплотняемого грунта зависит от вида катков, их параметров, влажности грунта и может быть вычислена по следующим формулам:

- ❖ для гладких катков:

$$H_0 = A \frac{\omega}{\omega_0} \times \sqrt{q_s \times R}$$

- ❖ для пневмошинных катков:

$$H_0 = A \frac{\omega}{\omega_0} \times \sqrt{\frac{Q_1 \times P}{1 - \xi}}$$

- ❖ для кулачковых катков:

$$H_0 = 0,65(L + 0,25b - h_1)$$

где W – влажность уплотняемого грунта, %;

W<sub>0</sub> – оптимальная влажность грунта, %;

h<sub>1</sub> – толщина верхнего разрыхленного слоя после прохода кулачкового катка, см;

L- длина кулачка, см; b- толщина кулачка;

Q<sub>1</sub>- сила тяжести, на колесо пневмомшины катка, кН;

ξ- статический коэффициент жесткости покрышки:

Р	МПа	1	2	4	6
ξ		0,6	0,5	0,28	0,16

A – коэффициент, получаемый на основании экспериментальных исследований:

- для гладких катков на сыпучих грунтах 0,4
- для гладких катков на связных грунтах 0,3
- для пневмошинных катков на любых грунтах 0,2

Схемы движения катков должны быть увязаны с размерами поперечного сечения возводимых насыпей. При небольшой ширине насыпей (Вн меньше 2Rпов) разворот катков на них невозможен и осуществляется за пределами насыпей. От края насыпи катки проходят не ближе 0,5м, что приводит к образованию неуплотненной зоны по откосу («Бахромы»). Неуплотненный грунт с откосов обычно срезают, направляя его в насыпи. Уплотнение грунта машинами динамического действия. В качестве рабочих органов трамбуемых машин применяют трамбуемые плиты разных размеров, веса и формы, которые сбрасывают на поверхность грунта с различной высоты.

При этом сила удара прямо пропорциональна силе тяжести плиты Q, а также высоте падения H и обратно пропорциональна продолжительности удара и глубине погружения за один удар Δh. Максимальное напряжение можно определить по формуле:

$$\sigma_{max} = \frac{2 \times Q \sqrt{2qH}}{q \times \tau \times F}$$

где  $F$  – площадь соприкосновения грунта с трамбовкой (площадь поверхности трамбующей плиты);

$\Delta h$ – глубина погружения плиты за один удар, см;  $\tau$  - продолжительность удара, с.

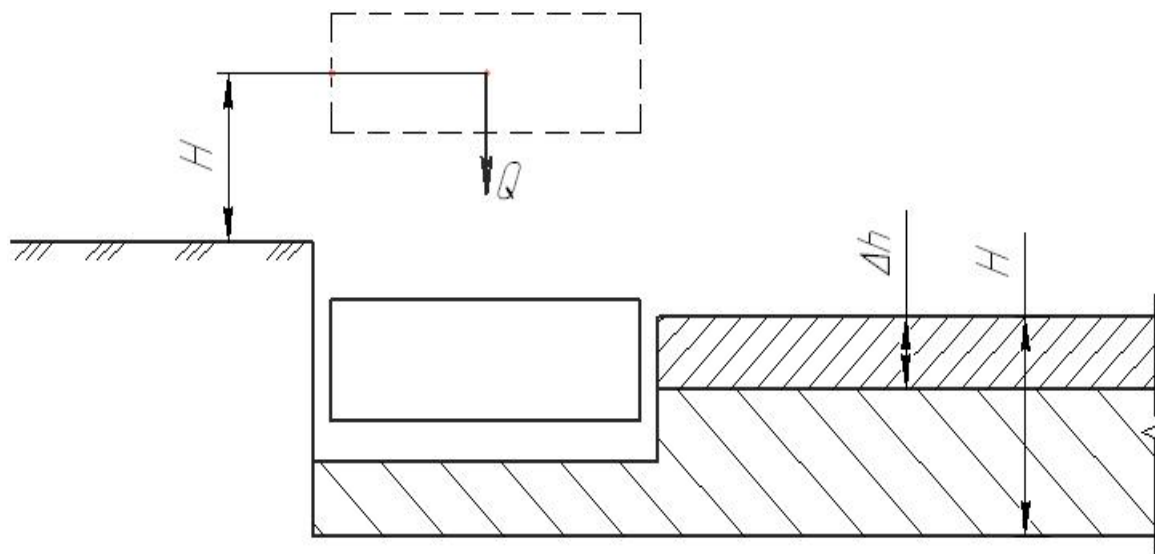


Рис. 12 – Схема работы виброплиты

$\Delta h$ – глубина погружения плиты за один удар, см;  $\tau$ – продолжительность удара, с

В связи со сложностью оценки продолжительности удара и с учетом того, что напряжения в грунте от удара трамбовки зависят не только от  $Q$  и  $H$ , но и от площади трамбовки  $F$ , тогда рекомендуется подбирать рабочие параметры трамбующих машин по удельному импульсу (МПа · с):

$$P_F = \frac{9(B-C)}{n} \times K_6$$

Предельное значение удельных импульсов (МПа · с) не должно превышать для:

супесей	0,004...0,006
легких суглинков	0,006...0,010
средних суглинков	0,010...0,018
тяжелых суглинков и глин	0,018...0,030

где  $v$  – скорость передвижения агрегата, м/ч;  $B$  – ширина укатываемой полосы, м;

$C$  – ширина полосы перекрытия, равная 0,15...0,2м;  $n$  – число проходов по одному месту; следу;  $K_6$  – коэффициент использования рабочего времени

### 3. Производительность машин

Производительность машин при уплотнении грунта оценивают в единицах площади (м<sup>2</sup>/ч) или в единицах объема (м<sup>3</sup>/ч).

В первом случае площадь поверхности (м<sup>2</sup>), уплотненной катками, виброплитами и другими машинами, работающими в движении, можно вычислить как для машин и механизмов непрерывного действия:

$$P_F = \frac{9(B-C)}{n} \times K_6$$



где  $v$  – скорость передвижения агрегата, м/ч;  
 $B$  – ширина укатываемой полосы, м;  
 $C$  – ширина полосы перекрытия, равная 0,15...0,2м;  
 $n$  – число проходов по одному месту; следу  
 $K_v$  – коэффициент использования рабочего времени

Число проходов, как отмечалось выше, зависит от физико-механических свойств, грунта и рабочих параметров катков и наиболее точно определяется для конкретных грунтов и агрегатов пробной укаткой.

$P_F$  – производительность экскаватора с трамбующей плитой, м<sup>2</sup>/ч:

$$P_F = \frac{60FmK_{пер}}{n} \times K_v$$

где  $F$  – площадь ударной поверхности плиты, м<sup>2</sup>;  $m$  – число ударов в минуту;  
 $K_{пер}$  – коэффициент перекрытия, равный 0,8;  $n$  – число ударов, необходимых для уплотнения грунта;  $K_v$  – коэффициент использования рабочего времени.

#### 4. Технология производства работ по уплотнению грунтов в насыпях

В основе технологии укладки и уплотнения связных грунтов лежит разбивка насыпи на карты – участки небольшой длины, на которых последовательно производят операции по разгрузке грунта, его разравниванию и уплотнению. Последовательно выполняют операции укладки, разравнивания, выстаивания, уплотнение грунта и т.д.

Число участков, одновременно используемых для укладки грунта, зависит от объема работ, наличия оборудования, сезона производства работ и может меняться в пределах от 2...4.

Размеры карт определяют конкретными условиями проекта сооружения, применяемыми механизмами и условиями производства работ, но их длина должна быть не менее 200м.

Рекомендуются следующие размеры участков:

- ✓ для кулачковых катков 250...300м;
- ✓ для катков на пневматических шинах 200м;
- ✓ для виброкатков 200...250м
- ✓ для виброуплотняющих и трамбующих машин при уплотнении лессовых, просадочных и гравистых грунтов не менее 50м

При дальнейшем увеличении длины участка производительность катков возрастает, однако при этом появляется опасность высыхания грунта до его окончательного уплотнения.

Ширину насыпи, как ширину участков принимают из условий безопасного ведения работ уплотняющей машиной, которая должна находиться от бровки насыпи на расстоянии, предотвращающем ее сползание на откос.

Все участки с одинаковыми условиями производства работ должны быть равновеликими по площади. Если это условие будет нарушено или землеройных машин окажется больше, чем это требуется по расчету, а грунтоуплотняющих машин недостаточно, грунт может пересохнуть, и возникнет необходимость в его увлажнении.

Уплотнение переувлажненных грунтов представляет сложную задачу по сравнению с уплотнением сухих грунтов.

Уменьшения избыточной влажности грунта перед уплотнением добиваются его подсушиванием в естественных условиях. Для ускорения этого процесса, грунт разрыхляют боронованием, или перепахиванием. Для подсушивания рыхлого слоя грунта толщиной 30...40см в условиях жаркой летней погоды требуется не менее 2...3 суток.

Укладка связного грунта в тело плотин, дамб в зимнее время возможна при соблюдении следующих условий укладки грунта:

разработку грунта в карьере, его перевозку к месту укладки, разравнивание и уплотнение до проектной плотности выполняют до начала смерзания грунта:

- ✓ влажность связных грунтов, укладываемых в земляное сооружение, не должна быть выше 0,9 влажности на границе раскатывания;
- ✓ наличие в талом грунте мерзлого грунта в виде комков должно быть в количестве не более 10...15% общего объема грунта в слое;
- ✓ размер оставляемых в насыпи мерзлых комков (без прослоев льда) не должен превышать 1/2 толщины слоя в уплотненном состоянии. Более крупные комки, а также комки с прослоями льда выбрасываются.

Комки мерзлого грунта должны распределяться равномерно по площади отсыпаемого слоя, скопление их в отдельных местах в виде гнезд не допускается

Снег и лед в сооружении также не допускается. При сильном и продолжительном снегопаде работы по укладке грунта прекращаются, при возобновлении работ неуплотненный грунт с карты удаляется. Производство работ по разработке, транспортировке и уплотнении связных грунтов в зимнее время должно быть организовано с высокой интенсивностью, круглосуточно, непрерывным потоком. Работу по уплотнению грунта следует вести на узком фронте с максимальной механизацией всех видов работ по смежным и суточным графикам.

Грунты несвязные сухие, обладающие свойством сыпучести, укладывают в земляные сооружения (плотины, дамбы, дорожные насыпи) зимой и уплотняют как в летнее время. Дополнительное увлажнение этих грунтов, а также попадание снега и льда в сооружение не допускается.

Для получения уплотненного грунта с коэффициентом уплотнения выше 0,8... необходимо уменьшить толщину уплотняемого слоя. При уменьшении толщины слоя на 10...55% число проходов катка уменьшается в 2...3 раза. Число проходов катка или других средств уплотнения определяется опытным уплотнением.

На больших площадях при выполнении работ по вертикальной планировке территории застройки и на насыпях, где возможны повороты катка, рекомендуется применять схему движения катков по замкнутому кругу. На насыпях, где невозможен поворот катка, следует применять челночную схему движения – трактор в конце участка отцепляют от катка и присоединяют к нему с другой стороны.

Для равномерного уплотнения грунта давление воздуха в шинах катка должно быть одинаковым. Периодическую проверку давления воздуха в шинах следует производить по манометру.

Рекомендуется следующее давление в шинах катков на пневмоколесном ходу:

- |                        |                |
|------------------------|----------------|
| ✓ для песков           | 200 кПа;       |
| ✓ для супесей          | 300...400 кПа; |
| ✓ для суглинков и глин | 500...600 кПа  |

Повышение давления в шинах катков при одновременном увеличении их размера позволяет увеличить эффективность уплотнения по толщине грунтового слоя.

Число проходов катка на пневмоколесном ходу по одной полосе ориентировочно принимают:

- ✓ для песчаных грунтов 2...3;
- ✓ для супесчаных грунтов 3...4;
- ✓ для суглинистых и глинистых грунтов 5...6

Уплотнение грунта укаткой следует производить при рациональном скоростном режиме работы катков. Скорости движения катка различны, причем первый и два последних хода совершаются на малых скоростях (2...2,5 км/ч), а все промежуточные ходы – на больших, но не превышающих 8...10 км/ч.

При рациональном скоростном режиме работы катка обеспечивается равная поверхность слоя грунта, которая сохраняется и в дальнейшем при последующем уплотнении грунта катками. Кроме того, лучше используется мощность трактора – тягача, так как первый ход требует максимального тягового усилия. При рациональном скоростном режиме работы катка производительность его увеличивается примерно вдвое, а общая стоимость работ сокращается на 50%.

#### Вопросы для самоконтроля

25. Требования применяемые к процессу уплотнения
26. Способы уплотнения и применяемые машины
27. Производительность грунтоуплотнительных машин

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

##### Основная литература

1. Белецкий, Б. Ф. Технология и механизация строительного производства [Электронный ресурс] / Б. Ф. Белецкий. - 4-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2011. - 752 с. - ISBN 978-5-8114-1256-3 : Б. ц.
2. Белецкий, Б. Ф. Строительные машины и оборудование [Электронный ресурс] / Б. Ф. Белецкий, И. Г. Булгакова. - 3-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2012. - 608 с. - ISBN 978-5-8114-1282-2
3. Болотин, С. А. Организация строительного производства : учебное пособие / С. А. Болотин, А. Н. Вихров. - 3-е изд., стер. - М. : Академия, 2009. - 208 с. - (Высшее проф. образование. Строительство). - ISBN 978-5-7695-6471-0.
4. Иванов Е.С. Организация строительства объектов природообустройства. -М.: Колос, 2009, 415 стр.

##### Дополнительная литература

1. Организация строительного производства : учебник для строительных вузов / Л. Г. Дикман. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. - 608 с.
2. Стаценко, А. С. Технология строительного производства / А. С. Стаценко. - Ростов н/Д. : Феникс, 2006. - 416 с. - (Высшее образование).
3. Соколов, Г. К. Технология строительного производства : учебное пособие / Г. К. Соколов. - М. : Академия, 2006. - 544 с.
4. Сабо, Евгений Дюльевич. Гидротехнические мелиорации объектов ландшафтного строительства : учебник / Е. Д. Сабо, В. С. Теодоронский, А. А. Золотаревский. - М. : Академия, 2008. - 336 с. : ил. - (Высшее проф. образование. Ландшафтное строительство). - ISBN 978-5-7695-4318-0

5. Ясинецкий В.Г., Фенин Н.К. Организация и технология гидромелиоративных работ. М.,1986.
6. Библиотека ГОСТов и нормативных документов <http://libgost.ru>

## ЛЕКЦИЯ №6

### КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

#### 1. Показатели комплексной механизации

Комплексно-механизированным называют такой процесс, когда все основные и вспомогательные операции выполняют с помощью машин и механизмов. В комплексно-механизированном процессе машины подобраны и увязаны между собой так, что при полной их загрузке обеспечиваются наименьшая стоимость работ, оптимальная продолжительность и наибольшая производительность труда рабочих, а также учтены местные хозяйственные и природные условия.

Под комплектом – следует понимать совокупность машин, необходимых для выполнения технологически взаимосвязанных и соответствующих друг другу по производительности технологических процессов.

*Показатели комплексной механизации принято делить на две группы:*

1) показатели, оценивающие оснащенность организации машинами и оборудованием;

2) технико-экономические показатели.

Степень оснащения организации средствами механизации характеризует механо- и энерговооруженность.

Механовооруженность производства оценивается отношением балансовой стоимости парка машин и механизмов к стоимости работ, выполняемых за год, а механовооруженность рабочих – отношением той же стоимости к среднему за год числу рабочих.

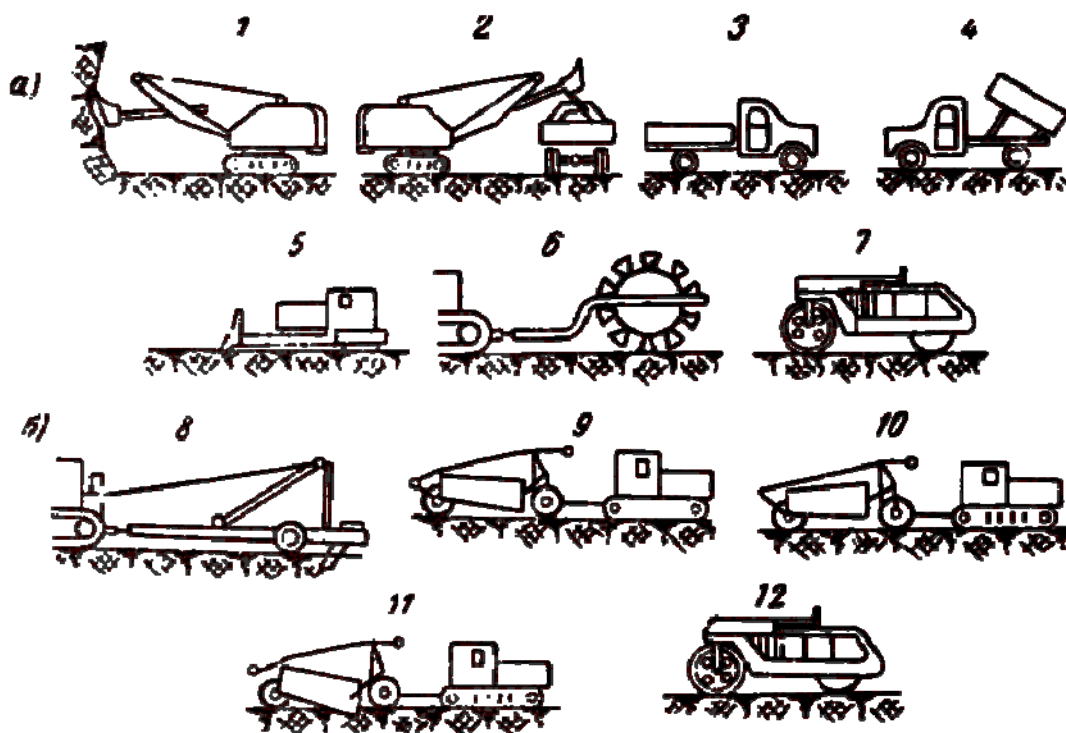
**Энерговооруженность** – это суммарная установленная мощность двигателей машин, механизмов, оборудования, приходящаяся на 1 млн. руб. стоимости работ или на одного рабочего.

Уровень комплексной механизации работ определяют отношением объема комплексно-механизированных работ к общему объему конкретного вида работ.

Иногда уровень комплексной механизации находят, как отношение стоимости комплексно-механизированных работ к общей стоимости выполненных работ.

**К технико-экономическим показателям, позволяющим оценивать различные варианты комплексной механизации работ, относят:**

- 1) себестоимость продукции или единицы объема работ;
- 2) трудоемкость или выработку на одного рабочего в единицу времени;
- 3) энергоемкость;
- 4) удельный расход топлива;
- 5) металлоемкость оборудования.



### Схема комплексной механизации разработки грунта

*а* — схема 1; *б* — схема 2; 1 — разработка экскаватором; 2 — погрузка на самосвал; 3 — транспортирование; 4 — выгрузка; 5 — разравнивание бульдозером; 6 — первичное уплотнение кулачковым катком; 7 — вторичное уплотнение гладким катком; 8 — выхлещение; 9 — набор скрепером; 10 — транспортирование; 11 — выгрузка; 12 — уплотнение гладким катком

Рис. 13 — Схема комплексной механизации разработки грунта

*Применительно к одной машине определяют следующие технико-экономические показатели:*

- 1) затраты по эксплуатации машины на выполнение единицы объема работ;
- 2) трудоемкость механизированного процесса;
- 3) выработку механизаторов (производительность труда);
- 4) удельную энергоемкость процесса;
- 5) удельный расход горючего;
- 6) удельную металлоемкость.

**В затраты на эксплуатацию машин включают:**

- расходы, связанные с созданием условий для работы на объекте (доставка, монтаж, демонтаж);
- амортизационные отчисления на погашение начальной стоимости и капитальные ремонты;
- ежемесячные эксплуатационные расходы (энергоматериалы, зарплата механизаторов, сменная оснастка).

Технико-экономические показатели при работе комплекта машин находят с учетом общего количества затрачиваемых ресурсов всеми машинами и исполнителями.

Себестоимость единицы профильного объема комплексно-механизированных работ определяется по формуле:

$$C_k = (K_{н.р.} \sum C_{чi} M_i + K'_{н.р.} \sum Z_p) / V_k$$

## 2. Выбор машин для комплексной механизации работ

*Выбор машин для производства работ в зависимости от конкретных условий осуществляется:*

- 1) с учетом имеющихся в строительной организации машин;
- 2) исходя из возможностей применения любых машин, выпускаемых промышленностью

В обоих случаях вначале выбирают машины по их рабочим параметрам, так чтобы рабочий процесс выполнялся без частных перестановок, с минимальным числом проходов, требуемой точностью и качеством.

В тех случаях, когда один и тот же процесс может быть выполнен разными по мощности и видам машинами, проводят сравнение возможных вариантов по технико-экономическим показателям. Сравнение ведут либо по себестоимости (по прямым затратам), либо по приведенным затратам (в состав которых входит и себестоимость, и нормативная прибыль).

*Применительно к каждому сопоставляемому варианту приведенные затраты вычисляют по формуле:*

$$C_{\text{пр}} = C_i + E_n \sum_1^n C_{oi} \frac{T_{oi}}{T_{pi}}$$

### **Порядок подбора комплектов машин**

*Подбор машин в составе комплекта осуществляется следующим образом:*

1. Проводят типизацию сооружений, их элементов и сечений с учетом характерных особенностей, размеров и требований к ним. Все однотипные или однородные по составу производственных процессов и размерам сооружения объединяют в группы.

2. Намечают состав операций, для выполнения которых потребуется разные механизмы, и делят их на подготовительные, основные и вспомогательные.

*К подготовительным* относятся операции, которые должны быть выполнены до начала основных работ.

*К вспомогательным* относятся операции, которые могут быть необходимы в ходе выполнения, или после окончания основных процессов (откачка воды из котлованов после выпадения осадков, очистка от снега, устройство водоотводных канавок и т.п.)

3. В каждой группе выделяют ведущие операции, то есть такие, на долю которых приходится основная часть стоимости работ и которыми определяются темпы производства работ.

4. Выбирают машины для выполнения ведущих операций.

5. Выбирают машины для выполнения всех остальных операций.

6. Комплектуют машины из условия наиболее полной загрузки всех принятых машин, при необходимости объединяя ведущие машины в колонны так, чтобы и не ведущие были полностью загружены работой.

7. Определяют производительность принятого комплекта машин в единицах измерения профильного (проектного) объема работ.

8. По расчетной интенсивности работ определяют потребное число комплектов (расчетную интенсивность работ находят делением объема работ на заданный срок работ).

Следует иметь в виду, что число ведущих машин не должно быть очень большим, так как потребуется большое число механизаторов, усложнится обслуживание машин и могут быть затруднения с размещением их на небольших по площади объектах. Не следует ориентироваться и на малое число крупных машин, так как это может привести

при непредвиденном выходе машины из строя – к резкому сокращению темпов работ или полному их прекращению. Для лучшей увязки производительности машин с расчетными потоками могут потребоваться механизмы различной крупности. Большое влияние на выбор машин оказывает необходимая дальность перемещения грунта, или других материалов. Наиболее экономичный способ перемещения грунта в каждом конкретном случае выбирают на основании технико-экономического анализа.

Выбирая ведущие машины в комплекте, следует увязывать рабочие параметры и габариты машин с размерами выполняемых сооружений. Иногда в связи с малыми размерами сечений выемок или насыпей, часто приходится использовать менее экономичные (некрупные) машины даже при очень больших объемах работ (например, на каналах с малой шириной по дну или при малой ширине дамб поверху).

### **Комплектование машин**

Для комплектования машин и механизмов все рабочие операции следует разделить на группы с учетом возможности выполнения каждой операции или группы операций независимо друг от друга по времени, но с соблюдением необходимой технологической последовательности. Такое разделение позволит проще увязывать число машин в составе каждой группы операций. Если нет необходимости одновременно выполнять несколько операций, каждую из них можно осуществлять одной машиной после завершения предыдущего процесса.

Полная загрузка всех машин в комплекте может быть получена при условии обеспечения следующего равенства:

$$\frac{M_1}{n_1} = \frac{M_2}{n_2} = \frac{M_3}{n_3} = \dots = \frac{M_n}{n_n}$$

Для определения необходимого числа машин каждого типа следует принять за единицу ту машину, потребность в которой наименьшая. Допустим минимальным будет

*Тогда необходимые числа всех других машин определяются по формулам:*

$$n_1 = n_n (M_1 / M_n)$$

При объединении машин в комплекты не всегда удается равномерно загрузить работой все машины. *В таких случаях следует принять одно из следующих решений:*

- 1) рассмотреть возможность выполнения отдельных процессов в разное время, тогда каждая машина или группа машин может быть использована независимо друг от друга;
- 2) заменить более мощными те машины, число которых получается очень большим;
- 3) допустить неполное использование вспомогательных некрупных машин, имеющих небольшую стоимость эксплуатации;
- 4) предусмотреть возможность использования малозагруженных машин и механизмов в составе других комплектов, работающих не далеко.

### **Зональные комплекты**

По мере выполнения работ на крупных объектах условия производства работ могут измениться, и будет необходима смена ведущих машин. Так, в глубоких выемках каналов или котлованов может оказаться целесообразным для разработки верхних слоев на глубину до 2...3 м применить бульдозеры, глубже - до 5...8 м - скреперы, еще глубже - одноковшовые экскаваторы. Таким образом, для каждой зоны по глубине потребуются разные комплекты машин, которые называют - зональными комплектами. Границы зон применения машин по глубине можно установить сравнением технико-



экономических показателей. Зональные комплекты могут быть и при выполнении других видов работ, например при укладке бетонной смеси в блоки.

### 3. Технологические карты

Машины для комплексной механизации строительства какого-либо объекта подбирают в процессе составления так называемой **технологической картой**. Технологические карты отражают производство различных видов земляных работ наиболее прогрессивными методами с применением современной техники. Технологическая карта служит проектным документом, определяющим технологию всего строительного процесса на данном объекте. В ней указывают все необходимые операции; условия, в которых они будут выполняться; тип и марки машин, предусмотренных для выполнения операции, объемы работ выработки или времени для машин и рабочих, потребное для выполнения каждой операции, количество машино-смен и человеко-дней.

Нормы времени и выработки при составлении технологических карт устанавливаются на основании сборников единых и ведомственных норм и расценок - ЕНиР.

Составными частями каждой типовой технологической карты являются: схемы расстановки землеройных машин, механизмов и транспортных средств в забое, состав комплектов машин, их производительность, порядок производства работ, последовательность выполнения операций, расход основных эксплуатационных материалов, состав обслуживающего персонала, выработка на одного рабочего, затраты машино-смен и труда на 1000 м грунта, указания по технике безопасности при производстве земляных работ.

Производительность машин и выработка на одного рабочего определены в технологических картах по действующим нормам. Кроме, того в технологических картах приводится расчетная (эксплуатационная) производительность машин и механизмов и соответствующая им выработка на одного рабочего.

Типовые технологические карты разработаны на выполнение земляных работ экскаваторами различных марок в автотранспорт и в отвал; на разработку выемок скреперами с укладкой грунта в насыпи или отвалы, на разработку грунтов 1...3 (категории) грунта бульдозерами; на срезку растительного слоя бульдозерами с перемещением в кавальер; на разработку грунта сезонного промерзания в котловане экскаваторами прямая лопата с погрузкой в автотранспорт и на другие работы.

Технологические карты могут разрабатываться: на весь строительный объект, если он в целом однообразен по составу строительных операций и сосредоточен в одном месте (например, земляная, насыпная или намывная плотины и т.п.) на участок линейно-протяженного объекта - каналы, дамбы, земляные плотины, если этот объект намечается выполнять различными способами на его отдельных участках; часто для линейно-протяженных объектов технологические карты составляют на 100 и 1000 м длины по типовому для всего объекта или его участка поперечному профилю.

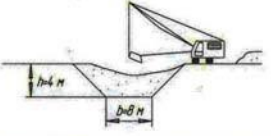
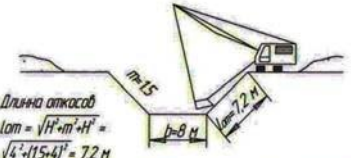
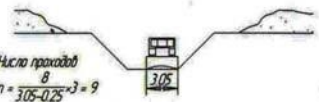
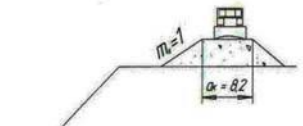
В качестве примера приведем. На основании технологической карты определяется количество машин каждого типа и каждой марки, которое необходимо для работы на данном объекте. Количественное значение определяется по формуле:

$$N_m = \frac{M}{t m}$$

$M$  – потребное количество машино-смен (берется из технологической карты);  $t$  – число дней работы машины предусматривается календарным планом;  $m$  – число рабочих смен в сутках.

Таблица 8

Пример технологической карты на строительство 1000 м оросительного канала, проходящего в выемке

Схемы и расчеты	Наименование в строительной операции	Условия производства работ	Способ производства работ	Объем работ на 1000 м длины канала	Норма машинного времени (в машино-часах) и се обоснование	Потребно всего машино-смен	Затраты	
							число рабочих в звене	кол-во человеко-дней
	1. Разработка грунта в выемке канала с отсыпкой его в кавальеры	Поперечная разработка в отвал; грунт суглинок 2 группы; сечение выемки 56 м <sup>2</sup>	Экскаватор драглайн с ковшем вместимостью 1 м <sup>3</sup> , длина стрелы 13 м.	$56 \cdot 1000 = 56000 \text{ м}^3$	$\frac{1,4 \text{ маш} \cdot \text{ч}}{100 \text{ м}^3}$	$\frac{56000 \cdot 1,4}{100 \cdot 8} = 98$	2	19,6
	2. Планировка откосов	Планировка откосов канала с откидкой с резанного грунта в кавальеры; грунт 2 категории	Экскаватор с ковшем планировщиком вместимостью 0,8 м <sup>3</sup> (на базе драглайна с ковшем q = 1 м <sup>3</sup> )	$7,2 \cdot 2 \cdot 1000 = 14400 \text{ м}^2$	$\frac{1,1 \text{ маш} \cdot \text{ч}}{100 \text{ м}^2}$	$\frac{14400 \cdot 1,1}{100 \cdot 8} = 19,8$	2	39,6
	3. Планировка дна канала	Продольное перемещение в двух направлениях; грунт 1 категории	Бульдозер универсальный на тракторе Т-130	$8 \cdot 1000 = 8000 \text{ м}^2$	$\frac{0,21 \text{ маш} \cdot \text{ч}}{1000 \text{ м}^2}$	$\frac{8000 \cdot 0,21}{100 \cdot 8} = 98$	1	0,21
	4. Разравнивание грунта в верхней части кавальера	Продольное перемещение агрегата в двух направлениях	Бульдозер универсальный на тракторе Т-130	$8,2 \cdot 2 \cdot 1000 = 16400 \text{ м}^2$	$\frac{0,25 \text{ маш} \cdot \text{ч}}{1000 \text{ м}^2}$	$\frac{16400 \cdot 0,25}{100 \cdot 8} = 51$	1	0,51

#### Вопросы для самоконтроля

1. Понятие о строительных операциях и процессах
2. Показатели комплексной механизации строительных процессов
3. Порядок подбора ведущих машин
4. Факторы, влияющие на подбор машин
5. Порядок подбора не ведущих машин
6. Технологические карты

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

##### Основная литература

1. Белецкий, Б. Ф. Технология и механизация строительного производства [Электронный ресурс] / Б. Ф. Белецкий. - 4-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2011. - 752 с. - ISBN 978-5-8114-1256-3 : Б. ц.
2. Белецкий, Б. Ф. Строительные машины и оборудование [Электронный ресурс] / Б. Ф. Белецкий, И. Г. Булгакова. - 3-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2012. - 608 с. - ISBN 978-5-8114-1282-2

3. Болотин, С. А. Организация строительного производства : учебное пособие / С. А. Болотин, А. Н. Вихров. - 3-е изд., стер. - М. : Академия, 2009. - 208 с. - (Высшее проф. образование. Строительство). - ISBN 978-5-7695-6471-0.
4. Иванов Е.С. Организация строительства объектов природообустройства. -М.: Колос, 2009, 415 стр.

Дополнительная литература

1. Организация строительного производства : учебник для строительных вузов / Л. Г. Дикман. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. - 608 с.
2. Стаценко, А. С. Технология строительного производства / А. С. Стаценко. - Ростов н/Д. : Феникс, 2006. - 416 с. - (Высшее образование).
3. Соколов, Г. К. Технология строительного производства : учебное пособие / Г. К. Соколов. - М. : Академия, 2006. - 544 с.
4. Сабо, Евгений Дюльевич. Гидротехнические мелиорации объектов ландшафтного строительства : учебник / Е. Д. Сабо, В. С. Теодоронский, А. А. Золотаревский. - М. : Академия, 2008. - 336 с. : ил. - (Высшее проф. образование. Ландшафтное строительство). - ISBN 978-5-7695-4318-0
5. Ясинецкий В.Г., Фенин Н.К. Организация и технология гидромелиоративных работ. М.,1986.
6. Библиотека ГОСТов и нормативных документов <http://libgost.ru>

**СТРОИТЕЛЬСТВО НАСЫПНЫХ ЗЕМЛЯНЫХ ПЛОТИН И ДАМБ**

**1. Назначение, виды земляных насыпных плотин и способы их возведения.**

Плотина, гидротехническое сооружение, перегораживающее реку (или др. водоток) для подъема уровня воды перед ним, сосредоточения напора в месте расположения сооружения и создания водохранилища.

Водохозяйственное значение плотин многообразно: подъем уровня воды и увеличение глубин в верхнем бьефе благоприятствуют судоходству, лесосплаву, а также водозабору для нужд орошения и водоснабжения;

сосредоточение напора у плотины создает возможность энергетического использования стока реки;

наличие водохранилища позволяет регулировать сток, т.е. увеличивать расход воды в реке в меженные периоды и уменьшать максимальный расход в паводок, способный привести к разрушительным наводнениям.

Плотина и водохранилище существенно воздействуют на реку и прилегающие территории: изменяются режим стока реки, температура воды, продолжительность ледостава; затрудняется миграция рыбы; берега реки в верхнем бьефе затопляются; меняется микроклимат прибрежных территорий. Плотина обычно является основным сооружением гидроузла.

Плотиностроение возникло так же давно, как и гидротехника, в связи со значительным развитием искусственного орошения территорий у земледельческих народов Египта, Индии, Китая и др. стран.

Земляная плотина - плотина, возводимая из грунтовых материалов (песчаных, суглинистых, глинистых и др.) и имеющая в поперечном сечении трапецеидальную или близкую к ней форму. Земляную плотину сооружают, как правило, глухими (без перелива воды через гребень).

Виды земляных насыпных плотин.

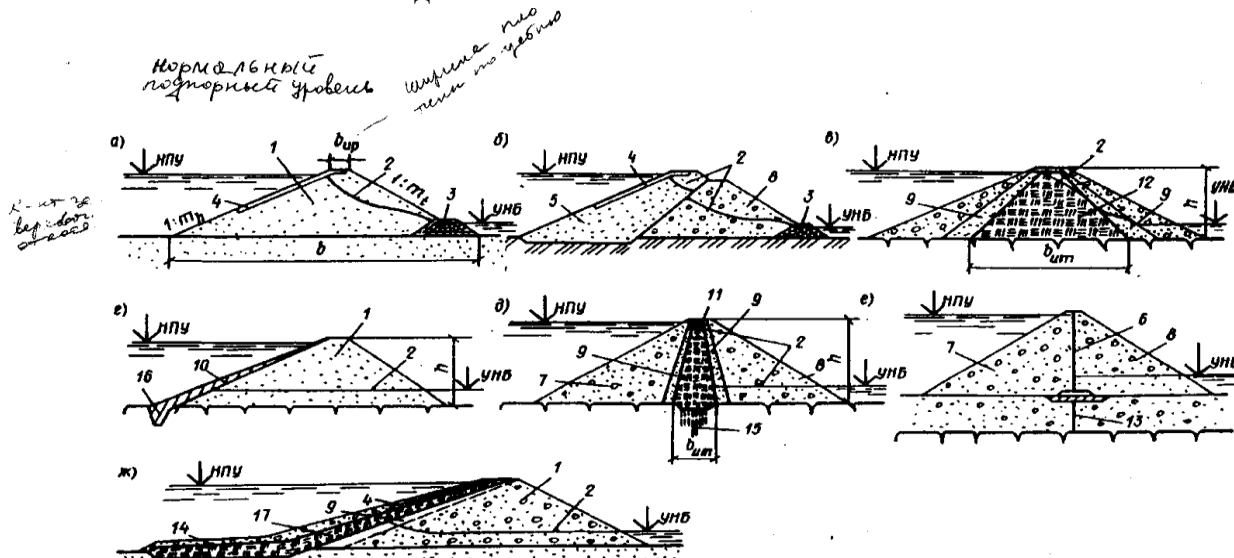


Рис. 14 – Виды земляных плотин

а-ж - см. табл. 1; 1 - тело плотины; 2 - поверхность депрессии; 3 - дренаж; 4 - крепление откосов; 5 - верховая грунтовая противодиффузионная призма; 6 - диафрагма; 7 - верховая призма; 8 - низовая призма; 9 - переходной слой; 10 - экран из

негрунтовых материалов; 11 - грунтовое ядро; 12 - центральная грунтовая противофильтрационная призма; 13 - шпунт или стенка; 14 - понур; 15 - инъекционная (цементационная) завеса (висячая); 16 - зуб; 17 - грунтовый экран;  $h$  - высота плотины;  $b$  - ширина плотины по низу;  $b_{up}$  - ширина противофильтрационного устройства по низу;  $b_{up}$  - ширина плотины по гребню;  $n_{th}$  - коэффициент заложения верхового откоса;  $m_t$  - коэффициент заложения низового откоса.

ПЛОТИНЫ МОЖНО ВОЗВОДИТЬ:

- механизированным способом с применением землеройных и землеройно-транспортных машин;
- намывом средствами гидромеханизации;
- с использованием направленного взрыва.

Земляные плотины можно разделить на:

- низкие (высота до 15 м);
- средние (высота 15...50 м);
- высокие (высота более 50 м).

## 2. Требования к материалам

Земляные насыпные плотины можно возводить из всех видов грунтов, за исключением:

- а) содержащих водорастворимые включения хлоридных солей более 5 % по массе, сульфатных или сульфатнохлоридных более 10 % по массе;
- б) содержащих не полностью разложившиеся органические вещества (например, остатки растений) более 5 % по массе или полностью разложившиеся органические вещества, находящиеся в аморфном состоянии, более 8 % по массе;
- в) сильно льдистых и льдистых грунтов.

Указанные в подпунктах (а) и (б) грунты допускается применять для создания тела плотины при наличии соответствующего обоснования и при условии проведения необходимых защитных инженерных мероприятий, а также соблюдения правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами.

При выборе этих грунтов надлежит учитывать следующее:

а) наиболее пригодными грунтами для образования противофильтрационных устройств являются глинистые с коэффициентом фильтрации  $k < 0,1$  м/сут и при числе пластичности  $I_p > 0,05$  (при соответствующем обосновании  $I_p > 0,03$ );

б) допускается применять искусственную грунтовую смесь, содержащую глинистые, песчаные и крупнообломочные грунты. Состав грунтовой смеси следует определять по результатам исследований и проверки его в производственных условиях на опытных отсыпках и выбирать на основании технико-экономического сравнения вариантов;

в) для экранов и понуров плотин III и IV классов допускается применять торф, причем необходимо предусматривать защитное покрытие из минеральных грунтов.

г) допускаемые величины засоленности грунтов, предназначенные к укладке в ядра и противофильтрационные призмы мерзлых плотин, следует устанавливать по результатам теплотехнических расчетов и на основании технико-экономического сравнения вариантов.

Для решения вопросов, связанных с производством работ по плотинам, необходимо иметь:

- план местности в горизонталях с указанием створа плотины и границ залегания грунтов, пригодных для возведения тела плотины;
- данные о карьере: толщина слоя вскрыши - непригодного для укладки в тело плотины грунта, толщина слоя пригодного грунта, его механический состав, средняя плотность в естественном залегании, влажность;
- данные о плотине: типовые поперечные сечения, продольный профиль по створу, отметки гребня, плотность грунта, которая должна быть достигнута при укладке в тело плотины, геологические и гидрогеологические условия на площади основания и намеченные проектом вскрышные работы;
- сведения о климатических условиях;
- данные о сроке производства работ.

При строительстве плотин в основном используют грунт из карьеров, а также пригодный грунт из расположенных вблизи профильных выемок.

Для выявления потребного объема грунта из карьеров составляют баланс грунтовых масс. Карьер должен быть расположен в пределах разведанных границ залегания пригодных грунтов, по возможности ближе к месту укладки, для того, чтобы удобно размещались пути подвоза грунта, а груженный ход транспортных средств располагался преимущественно под уклон. Карьер должен быть защищен от затопления поверхностными и грунтовыми водами.

Для плотин с небольшой длиной по гребню, карьеры обычно размещают на коренных берегах перегораживаемого потока, а при большой длине плотины - часто в пойме вдоль тела насыпи, что позволяет сократить дальность возки грунта.

### **3. Технология строительства плотин**

Весь, комплекс работ по возведению насыпных плотин можно разделить на следующие группы процессов (технология строительства плотин и дамб):

- подготовка основания под насыпь и укладка материалов в дренажные устройства плотины;
- подготовительные работы в карьерах и строительство магистрального землевозного пути;
- разработка и транспортировка грунта в тело плотины;
- укладка грунта в тело плотины;
- планировка и крепление откосов;
- работы на гребне плотины (проезжая часть дороги, ограждения, парапеты);
- рекультивация площади карьеров.

Ведущие операции всего этого комплекса работ - разработка и транспортировка грунта. При выборе способа выполнения этих строительных процессов учитывают:

- дальность транспортирования грунта;
- высотное положение карьера по отношению к месту укладки грунта;
- возможность использования машин для других работ на данном строительстве;
- наличие у строительной организации землеройных машин и средств транспорта;
- наличие электроэнергии.

При отсутствии слоя растительного грунта, основание уплотняется катками, после рыхления, на небольшую глубину (0,15...0,3 м, для разрушения ходов землеройных животных). Сухое основание перед началом насыпки грунта увлажняют.

Одновременно с подготовкой основания до начала отсыпки укладывают материал в дренажные устройства, для чего отрывают котлованы, насыпают слой фильтрующего материала по схеме обратного фильтра, монтируют трубчатые дрены, смотровые колодцы, водовыпуски и т.д.

### **3.1. Подготовка основания под насыпь и укладку материалов в дренажные устройства плотины**

В основании насыпи удаляют растительный слой грунта бульдозерами или скреперами. При большой дальности перемещения растительного грунта его сгребают в промежуточные валы бульдозерами с последующей погрузкой экскаваторами на транспортные средства. После вскрыши основания проверяют его качество: однородность, плотность, наличие включений.

Основание на крутых склонах расчищают постепенно по мере возведения насыпи с тщательным удалением непригодного грунта.

### **3.2. Подготовительные работы на карьерах и строительство землевозных путей**

С поверхности карьера удаляют растительный или другой непригодный для укладки в плотину грунт. При малых размерах карьеров вскрышные работы выполняют сразу по всей поверхности с помощью бульдозеров или скреперов. С больших по площади карьеров вскрышу ведут постепенно по полосам с перемещением грунта в выработанное пространство. Одновременно делают нагорные и водоотводящие канавки для защиты карьера от затопления поверхностными и грунтовыми водами.

### **3.3. Разработка и транспортирование грунта в тело плотины**

Для транспортирования грунта из карьера в тело плотины используют автосамосвалы и скреперы. Схемы движения машин составляются заранее с таким расчетом, чтобы по возможности не допускать пересечений груженого и порожнего потоков, и кроме того, чтобы машины дополнительно уплотняли уложенные слои. Доставленный грунт разгружают полосами вдоль оси плотины, а затем разравнивают бульдозерами или грейдерами.

### **3.4. Укладка грунта в тело плотины**

Укладка грунта требует выполнения одновременно четырех операций:

- отсыпки грунта транспортными средствами;
- послойного разравнивания бульдозерами или грейдерами;
- доувлажнения до оптимальной влажности из автоцистерн, или из шлангов от временной водопроводной сети;
- послойного уплотнения грунта катками, трамбуемыми или вибрационными машинами

### **3.5. Планировка и крепление откосов земляных плотин**

Вблизи поверхности откосов из-за выпирания грунт остается неуплотненным, образуя бахрому толщиной 0,2...0,5 м. При укладке грунта ширину крайних карт увеличивают на толщину бахромы. Для рационального использования грунта бахрому срезают с перемещением в тело насыпи различными способами. При этом одновременно осуществляется планировка откосов.

### **3.6. Работы на гребне плотины**

Ширину гребня плотины следует устанавливать в зависимости от условий производства работ и эксплуатации (использования гребня для проезда, прохода и других целей), но не менее 4,5 м. Отметку гребня плотины следует назначать на основе расчета возвышения его над расчетным уровнем воды.

Возвышение гребня плотины надлежит определять для двух случаев стояния уровня воды в верхнем бьефе:

а) при нормальном подпорном уровне (НПУ) или при более высоком уровне, соответствующем пропуску максимального паводка, входящего в основное сочетание нагрузок и воздействий;

б) при форсированном подпорном уровне (ФПУ), при пропуске максимального паводка, относимого к особым сочетаниям нагрузок и воздействий.

### **3.7. Рекультивация площади карьеров**

Рекультивация карьеров заключается в приведении их территории в состояние, пригодное для использования. Для этого выполняют следующие операции:

планировку поверхности дна карьера;

разработку и доставку на дно карьера растительного грунта;

разравнивание растительного слоя грунта толщиной не менее 0,1 м.

Для проведения рекультивации карьеров применяют бульдозеры, скреперы, грейдеры.

### Вопросы для самоконтроля

7. Производство работ в карьере
8. Транспорт грунта
9. Подготовка основания плотины
10. Укладка грунта в тело плотины
11. Планировка и крепление откосов плотины

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

#### Основная литература

1. Белецкий, Б. Ф. Технология и механизация строительного производства [Электронный ресурс] / Б. Ф. Белецкий. - 4-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2011. - 752 с. - ISBN 978-5-8114-1256-3 : Б. ц.
2. Белецкий, Б. Ф. Строительные машины и оборудование [Электронный ресурс] / Б. Ф. Белецкий, И. Г. Булгакова. - 3-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2012. - 608 с. - ISBN 978-5-8114-1282-2
3. Болотин, С. А. Организация строительного производства : учебное пособие / С. А. Болотин, А. Н. Вихров. - 3-е изд., стер. - М. : Академия, 2009. - 208 с. - (Высшее проф. образование. Строительство). - ISBN 978-5-7695-6471-0.
4. Иванов Е.С. Организация строительства объектов природообустройства. -М.: Колос, 2009, 415 стр.

#### Дополнительная литература

1. Организация строительного производства : учебник для строительных вузов / Л. Г. Дикман. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. - 608 с.
2. Стаценко, А. С. Технология строительного производства / А. С. Стаценко. - Ростов н/Д. : Феникс, 2006. - 416 с. - (Высшее образование).
3. Соколов, Г. К. Технология строительного производства : учебное пособие / Г. К. Соколов. - М. : Академия, 2006. - 544 с.
4. Сабо, Евгений Дюльевич. Гидротехнические мелиорации объектов ландшафтного строительства : учебник / Е. Д. Сабо, В. С. Теодоронский, А. А. Золотаревский. - М. : Академия, 2008. - 336 с. : ил. - (Высшее проф. образование. Ландшафтное строительство). - ISBN 978-5-7695-4318-0



5. Ясинецкий В.Г., Фенин Н.К. Организация и технология гидромелиоративных работ. М.,1986.
6. Библиотека ГОСТов и нормативных документов <http://libgost.ru>

## ЛЕКЦИЯ №9

### ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА КАНАЛОВ

#### 1. Общие сведения

Основным сооружением для подачи воды к орошаемым площадям в мелиорации является канал. Мелиоративный канал – гидротехническое сооружение, представляющее собой искусственное русло правильной формы, предназначенное для транспортирования воды в целях орошения, осушения и обводнения. Каналы могут быть открытыми, закрытыми и лотковыми. Открытые каналы прокладывают в грунте, используя для этого выемки, насыпи и полувыемки-полунасыпи.

Закрытые каналы состоят из трубопроводов, проложенных открыто на поверхности земли или в выемке с последующей засыпкой её грунтом. Лотковые каналы представляют собой бетонные русла в основном параболического сечения, укладываемые на сплошное основание или на ряд опор или стоек. В Саратовской области распространены открытые каналы в земляном и облицованном русле. Общая протяженность каналов составляет 1002 км, из которых 427 км в земляном и 575 км в облицованном русле.

Для обеспечения командования над орошаемой территорией, уровень воды в рабочей части оросительных каналов поднимают выше поверхности земли, что требует строительства каналов в полувыемках, полунасыпях и полностью в насыпях. В связи с тем, что приканальные дамбы и насыпи работают как напорные сооружения, их приходится возводить с уплотнением грунта в соответствии с правилами возведения профильных насыпей напорных гидротехнических сооружений.

Осушительные каналы сети прокладывают только в выемках.

Строительство открытых каналов ведут землеройными машинами, способами гидромеханизации или взрывным способом.

Наиболее распространено производство работ по каналам землеройными машинами. Способы гидромеханизации применяют только на крупных магистральных каналах при достаточном количестве воды и подходящих грунтовых условиях (несвязные и малосвязные грунты). Взрывной способ как самостоятельный для выброса грунта из сечений каналов применяют редко. В случаях, когда на трассе имеются скальные грунты, он является единственно возможным способом дробления скалы с последующей разработкой и вывозом взорванной породы.

Для решения технологических задач, связанных с составлением проектов организации и производства работ по каналам, необходимо иметь следующие данные, получаемые в результате выполнения проектно-изыскательских работ:

- 1) план системы каналов;
- 2) продольные профили по оси каналов;
- 3) поперечные сечения каналов на различных участках;
- 4) геологические и гидрогеологические характеристики грунтов по трассе каналов (механический состав, влажность, наличие и режим уровней грунтовых вод, наличие и характер включений);
- 5) профильные объемы работ.

#### 2. Типизация каналов и их участков

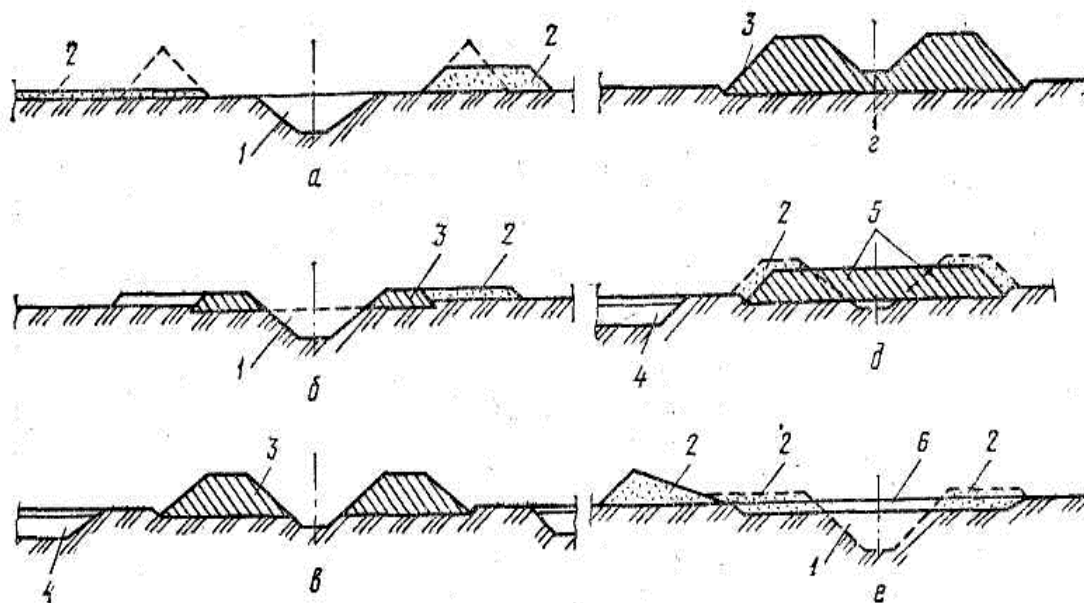
Приступая к решению вопросов технологии, прежде всего, необходимо провести типизацию сечений и участков каналов по следующим показателям:

- 1) ширине канала по дну;
- 2) положению дна канала по отношению к поверхности земли (выемка, полувыемка и т. д.);
- 3) глубине выемки;
- 4) высоте насыпей или дамб;
- 5) крутизне откосов канала;
- 6) виду грунтов на трассе и уровню залегания грунтовых вод.

В зависимости от положения дна канала по отношению к дневной поверхности выделяют участки (рис. 140):

- 1) в выемке (с глубиной чаще всего до 5 м);
- 2) в глубокой выемке (с промежуточными бермами через 5 или 10 м по высоте);
- 3) в полувыемке (с дамбами, отсыпанными из грунта выемки канала);
- 4) в полунасыпи (с дамбами, отсыпанными из грунта выемки и из резервов);
- 5) в насыпи (с подсыпным дном, с отсыпкой из резервов или карьеров).

#### Каналы открытой сети.



Поперечные сечения каналов открытой сети:

*a* — в выемке; *b* — в полувыемке; *в* — в полунасыпи; *г* — в насыпи; *д* — в полунасыпи с предварительной отсыпкой общей подушки; *е* — в выемке с предварительной вырезкой грунта в корыте; 1 — выемка; 2 — кавальеры; 3 — дамбы, профильные насыпи; 4 — резервы; 5 — подушка; 6 — корыто.

Рис. 15 – Поперечные сечения каналов открытой сети

Если ширина канала по дну изменяется в широких пределах, то типизацию сечений надо проводить для каждого участка с характерной шириной по дну. Для крупных каналов выделяют участки, отличающиеся шириной по дну более чем на 1 м, а для каналов с шириной по дну менее 5 м – на 0,5 м. На каждом выделенном характерном участке выбирают одно типовое сечение со средними показателями и по нему в дальнейшем решают все вопросы, связанные с производством работ.

Для участков каналов целиком в выемке и с подсыпным дном, кроме средних сечений, необходимо выделить также сечения с максимальными значениями глубины выемки и высоты насыпи, на которых проверяют пригодность механизмов, принятых

для производства работ по средним типовым сечениям. Отдельно выбирают типовые сечения для участков со сложными геологическими условиями.

### **3. Строительство каналов в земляном русле**

На основании анализа условий строительства канала выбирают способы производства работ применительно к каждому участку. При подборе и комплектовании механизмов для каждой однотипной группы участков каналов в первую очередь стремятся использовать специализированные машины непрерывного действия. При отсутствии специализированных машин используют общестроительные машины для производства земляных работ.

#### **Производство работ по участкам каналов в выемке.**

В увязке с размерами и рабочими параметрами основных землеройных машин все каналы на участках в выемке можно разделить на четыре группы:

1) каналы мелкой сети с шириной по дну до 0,8 м и глубиной до 1,2 м, разрабатываемые специализированными экскаваторами-каналокопателями непрерывного действия или плужными каналокопателями;

2) каналы средних размеров шириной по дну от 1 до 3 м и глубиной до 4...5 м, разрабатываемые в основном экскаваторами с рабочим оборудованием драглайн или обратная лопата по бестранспортной схеме в отвал, реже специализированными экскаваторами-каналокопателями непрерывного действия;

3) крупные каналы с шириной по дну до 10...12 м и глубиной до 5...8 м, разрабатываемые либо экскаваторами с рабочим оборудованием драглайн в отвал, либо скреперами;

4) очень крупные магистральные каналы шириной по дну более 10...12 м и глубиной выемки более 5 м, разрабатываемые либо по более сложным схемам

(с перекидкой грунта экскаваторами, в несколько ярусов разными механизмами), либо крупными шагающими экскаваторами-драглайнами.

Сечение канала, расположенного в выемке, требует выполнения следующих операций:

- 1) снятие почвенного растительного слоя;
- 2) разработка грунта в выемке канала;
- 3) перемещение разработанного грунта в кавальеры,
- 4) планировка откосов выемки канала;
- 5) планировка дна канала;
- 6) разравнивание грунта на кавальерах и профилирование их.

Выбор типа машин определяется грунтовыми условиями и размерами сечения выемки. Разрабатываемый грунт укладывают в односторонние или двухсторонние кавальеры, которые должны иметь правильную трапецеидальную форму. В местах будущих отводов от магистрального канала младших каналов в кавальерах оставляют разрывы. На косогорных участках в кавальерах оставляют разрывы для организованного сброса в канал вод поверхностного стока с водосборной площади, расположенной выше канала.

Размеры и форма кавальера определяются многими факторами: полосой отчуждения, рабочими параметрами машин, предполагаемым использованием кавальеров и др.

При разработке грунта в канале драглайнами предельная высота кавальеров определяется высотой выгрузки экскаватора. Высота их обычно до 3...4 и не более 5...6 м, а крутизна откосов от 1:1 до 1:2.

Верх кавальера должен быть спланирован. Он может быть использован под инспекторскую дорогу, а также под лесные насаждения.

При разработке выемки канала скреперами оптимальную высоту кавальера устанавливают, исходя из наибольшей производительности скрепера. При низких кавальерах продолжительность транспортных операций возрастает вследствие увеличения ширины кавальера, а при высоких – вследствие увеличения длины въездов на кавальер и снижения скоростей движения на подъемах. При рациональном соотношении между высотой и шириной кавальера продолжительность цикла будет наименьшей.

Между бровкой канала и подошвой откоса кавальера на участках в выемке оставляют берму, ширину которой назначают из условий устойчивости откоса выемки и работы механизмов вдоль канала при его устройстве и эксплуатации, но не менее 2...3 м. Состав строительных операций на участках каналов с большой шириной и глубиной выемки дополняется операциями для ведения поярусной разработки грунта, а также для перемещения и перекидок грунта. При глубоких выемках, в качестве ведущих, могут быть приняты различные землеройные машины на каждом ярусе. Например, верхние слои грунта можно разрабатывать бульдозерами, далее использовать скреперы, затем экскаваторы.

#### **Производство работ по участкам каналов в полувыемке.**

Каналы на участках в полувыемке обычно имеют глубину не более 5 м. Состав строительных операций на таких участках обуславливается необходимостью укладки грунта в дамбы канала, которые выдерживают определенный напор воды. непригодные грунты не должны быть допущены в качественную насыпь. В связи с этим обязательно удаляют слой растительного грунта, залегающий в основании насыпных сооружений, а также с резервов и карьеров, из которых берется грунт для насыпи.

Растительный грунт в теле насыпи и в основании ее служит причиной неравномерной осадки сооружения, появления очагов фильтрации через сооружение и в основании.

Дамбы каналов на участках в полувыемке-полунасыпи и участки каналов целиком в насыпи возводят с учетом необходимой плотности грунта. Насыпаемый грунт укладывают послойно с последующим разравниванием и уплотнением каждого слоя.

#### **Производство работ по участкам каналов в полунасыпи.**

Каналы на участках в полунасыпи по условиям производства работ можно разделить на две группы:

1) каналы мелкой сети, строительство которых ведется методом насыпки общей подушки с последующей нарезкой сечения канала

2) каналы средних и крупных размеров, с отдельным возведением каждой дамбы.

Для строительства каналов на участках в полунасыпи с шириной по дну более 1,2 м необходимы следующие операции:

1) снятие растительного слоя грунта с полосы под канал и резервы;

2) разработка грунта в выемке канала;

3) разработка грунта в резервах;

4) перемещение разработанного грунта в тело дамб;

5) послойное разравнивание грунта в дамбах;

6) доувлажнение грунта до оптимальной влажности;

7) послойное уплотнение грунта в теле дамб;

8) ликвидация выездов из выемки и на дамбу (в случае использования скреперов);

9) срезка бахромы с откосов дамб и планировка откосов выемки канала;

10) частичная обратная засыпка резервов ранее снятым растительным грунтом.

**Производство работ по каналам в насыпи  
(с подсыпным дном).**

Каналы на участках в насыпи можно разделить на три группы:

- 1) мелкой сети с шириной по дну до 1,2 м, строящиеся методом насыпки общей подушки из резервов с последующей нарезкой сечения канала;
- 2) с шириной по дну более 1,2 м, строительство которых осуществляется с раздельной отсыпкой грунта в подсыпное дно и в боковые дамбы с использованием грунта из боковых резервов;
- 3) очень крупные магистральные с большой высотой подсыпного дна, возводимые из грунта, разрабатываемого в специальных карьерах.

Состав работ по участкам крупных каналов в насыпи аналогичен возведению насыпных земляных плотин, и включает в себя:

- 1) работы в карьере;
- 2) транспортировку грунта;
- 3) укладку грунта в тело насыпи.

В карьере (или резерве) требуется снять растительный грунт, проложить и поддерживать в хорошем состоянии дорожную сеть.

Грунт в тело насыпи укладывают так же, как и в дамбы канала, с послойным разравниванием, доувлажнением и уплотнением. По мере возведения насыпи срезают бахромой с откосов.

Состав строительных операций необходимых для работ на участках канала в насыпи следующий:

- 1) рыхление грунта в основании насыпи канала;
- 2) снятие растительного слоя грунта с полосы резервов и с поверхности карьеров, а также с полосы в основании насыпи;
- 3) разработка грунта в резервах (или карьерах) с перемещением его в тело насыпи или подушки канала с послойной отсыпкой;
- 4) послойное разравнивание отсыпаемого грунта в насыпи (или подушке);
- 5) доувлажнение грунта до оптимальной влажности;
- 6) уплотнение грунта в основании насыпи и послойное уплотнение отсыпаемого грунта;
- 7) нарезка сечения канала с отсыпкой грунта в тело дамб (при строительстве канала методом подушки);
- 8) планировка откосов насыпи и дамб канала;
- 9) планировка дна канала;
- 10) планировка поверхности дамб;
- 11) обратная засыпка резервов ранее снятым растительным грунтом и его разравнивание;
- 12) планировка дна карьеров;
- 13) перемещение грунта вскрыши на дно карьера и его разравнивание.

Вопросы для самоконтроля

12. Типизация участков канала
13. Производство работ на участке канала в выемке
14. Производство работ на участке канала в глубокой выемке

15. Производство работ на участке канала в полувыемке
16. Производство работ на участке канала в полунасыпи
17. Производство работ на участке канала в насыпи

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная литература

1. Белецкий, Б. Ф. Технология и механизация строительного производства [Электронный ресурс] / Б. Ф. Белецкий. - 4-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2011. - 752 с. - ISBN 978-5-8114-1256-3 : Б. ц.
2. Белецкий, Б. Ф. Строительные машины и оборудование [Электронный ресурс] / Б. Ф. Белецкий, И. Г. Булгакова. - 3-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2012. - 608 с. - ISBN 978-5-8114-1282-2
3. Болотин, С. А. Организация строительного производства : учебное пособие / С. А. Болотин, А. Н. Вихров. - 3-е изд., стер. - М. : Академия, 2009. - 208 с. - (Высшее проф. образование. Строительство). - ISBN 978-5-7695-6471-0.
4. Иванов Е.С. Организация строительства объектов природообустройства. -М.: Колос, 2009, 415 стр.

### Дополнительная литература

1. Организация строительного производства : учебник для строительных вузов / Л. Г. Дикман. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. - 608 с.
2. Стаценко, А. С. Технология строительного производства / А. С. Стаценко. - Ростов н/Д. : Феникс, 2006. - 416 с. - (Высшее образование).
3. Соколов, Г. К. Технология строительного производства : учебное пособие / Г. К. Соколов. - М. : Академия, 2006. - 544 с.
4. Сабо, Евгений Дюльевич. Гидротехнические мелиорации объектов ландшафтного строительства : учебник / Е. Д. Сабо, В. С. Теодоронский, А. А. Золотаревский. - М. : Академия, 2008. - 336 с. : ил. - (Высшее проф. образование. Ландшафтное строительство). - ISBN 978-5-7695-4318-0
5. Ясинецкий В.Г., Фенин Н.К. Организация и технология гидромелиоративных работ. М.,1986.
6. Библиотека ГОСТов и нормативных документов <http://libgost.ru>

## СТРОИТЕЛЬСТВО ЗАКРЫТЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

### 1. Трубопроводы оросительной сети, материал и марка труб, условия применения

Трубопроводы широко используют в закрытых оросительных системах, для водоснабжения, отвода, использованных и избыточных вод.

Для строительства трубчатой оросительной сети применяют напорные трубы промышленного производства: стальные, чугунные, асбестоцементные, железобетонные, алюминиевые, а также из полимерных материалов.

#### Стальные трубы.

*Стальные электросварные трубы* применяют на рабочее давление 2 МПа и более. Наружная поверхность защищена от коррозии резино-битумной изоляцией. Соединение труб в одну «нитку» осуществляется с помощью сварки. Срок службы таких труб до 20 лет.

*Стальные тонкостенные спиралешовные трубы* с внутренним и внешним покрытием изготавливают из рулонной углеродистой стали марки Ст3. Трубы диаметром 250 и 300 мм с толщиной стенки до 2 мм, длиной 6, 9 и 12 м рассчитаны на рабочее давление до 1,5 МПа. Для соединения труб применяют кольца шириной 100 мм с толщиной стенки до 6 мм из стальных стандартных труб. Трубы укладывают на глубину не менее 0,7 м. Срок службы труб с антикоррозийным покрытием от 10 до 20 лет. Применение спиралешовных труб обеспечивает большую экономию металла, быстроту и легкость монтажа. Герметичность соединения обеспечивается без сварных работ.

Применение труб с двухсторонним цинковым покрытием и раструбным соединением позволяет снизить металлоемкость примерно в 3 раза и увеличить производительность труда по строительству в 7...8 раз по сравнению с обычными металлическими трубами. Соответственно значительно снижается и стоимость работ по сооружению трубопроводов из таких труб.

В последние годы спиралешовные трубы получают все большее распространение в мелиоративном строительстве.

*Стальные тонкостенные трубы с внутренним цементно-песчаным и наружным резиобитумным покрытием* соединяют муфтами (типа «Жибо»).

Они предназначены на внутреннее давление до 0,7 МПа. Глубина заложения их до 2 м, срок службы 10 лет.

#### Чугунные трубы.

Их выпускают раструбными или с гладким торцом. Для уплотнения стыков применяют резиновые самоуплотняющиеся кольца. Диаметр чугунных труб от 65 до 1000 мм, в мелиоративном строительстве обычно используют трубы диаметром до 300 мм. Диапазон выдерживаемых давлений от 1 до 1,6 МПа

В чугунных трубах типа «напорные под зачеканку» рабочее давление ограничивается прочностью стыка и не превышает 1 МПа. В чугунных трубах типа «напорные безраструбные» герметичность стыковых соединений обеспечивают за счет соединительных муфт, при этом длина трубы не превышает 5 м. Срок службы всех чугунных труб – 60 лет.

#### Асбестоцементные трубы.



Напорные асбестоцементные трубы диаметром от 100 до 500 мм применяют в орошении обычно трех классов: ВТ 9, ВТ 12 и ВТ 15, с максимальным расчетным давлением соответственно 0,6; 0,9 и 1,2 МПа. Для соединения отдельных труб используют асбестоцементные или чугунные муфты с резиновыми кольцами. Срок службы асбестоцементных труб – 20 лет. Недостаток асбестоцементных труб – анизотропия материала, обусловленная технологией изготовления труб, и большой разброс механических характеристик материала для отдельных труб (в 3...5 раз). Кроме того, асбестоцементные трубы имеют слабую сопротивляемость ударным нагрузкам, при падении трубы с небольшой высоты ее прочность уменьшается в несколько раз.

#### Железобетонные напорные.

Они могут быть нескольких типов. *Виброгидропрессованные предварительно напряженные железобетонные трубы* диаметром от 500 до 1600 мм с толщиной стенки от 55 до 105 мм имеют длину 5 м. Для герметизации соединений труб применяют уплотнитель – резиновые кольца. Максимальное внутреннее давление составляет 0,6...0,8 МПа, срок службы – 40 лет.

*Железобетонные напорные трубы со стальным сердечником* состоят из:

сварного стального цилиндра, калиброванного соединительного кольца, внутреннего и наружного покрытий из мелкозернистого бетона, напряженной спиральной арматуры, навитой на стальной сердечник, и резинового уплотнительного кольца. Трубы изготавливают с внутренним диаметром 250, 600 мм при длине 5 и 10 м с толщиной стенки 35 мм. В основном их используют на прокладке напорных трубопроводов с внутренним давлением в 1 и 1,5 МПа; глубина заложения – 2...4 м.

Срок службы – 50 лет.

#### Трубы напорные из полиэтилена.

Эти трубы выпускают из полиэтилена высокой плотности (диаметром 10...630 мм) и низкой плотности (диаметром 10...160 мм). Соединяют трубы при помощи сварки. Максимальное давление 0,25... 1 МПа, срок службы – 40 лет.

## **2. Технология строительства закрытых оросительных сетей**

Строительство трубчатых водоводов складывается из следующих технологических процессов:

- 1) геодезическая разбивка трасс;
- 2) подготовительные работы на трассах трубопроводов; (снятие растительного слоя)
- 3) завоз материалов и оборудования для строительства;
- 4) разработка грунта в траншеях под трубы;
- 5) крепление при необходимости откосов траншей;
- 6) монтаж трубопровода с соединением звеньев и заделкой стыков;
- 7) гидроизоляция металлических трубопроводов;
- 8) предварительные испытания смонтированных участков;
- 9) засыпка траншей и уплотнение грунта в них;
- 10) окончательное испытание трубопровода;
- 11) монтаж вантузов (вантуз – устройство для впуска и выпуска воздуха из оросительной сети) и гидрантов.

*Подготовительные работы* при строительстве ЗОС сводятся к расчистке полосы от деревьев, кустарника, пней, валунов при помощи обычных механизмов, применяемых для этих целей: мотопил, корчевателей, кусторезов, бульдозеров. Трассу освобождают от сооружений и построек, подлежащих сносу или переносу на новое место.

*Разработку грунта в траншеях* производят в соответствии с проектной глубиной заложения труб. Ширину траншеи назначают с учетом диаметра труб и запаса от 0,3 до 1,2 м, в зависимости от материала труб, способа соединения стыков и укладки труб. Минимальная ширина траншей по условиям техники безопасности – 0,7 м. При большой глубине траншей и во всех неустойчивых грунтах предусматривают уположивание откосов или крепление стенок. Для разработки грунта в траншеях используют траншейные многоковшовые экскаваторы с цепным, или роторным рабочим органом, одноковшовые экскаваторы с рабочим оборудованием обратная лопата, или драглайн, плужные каналокопатели (при укладке трубопроводов диаметром до 0,2 м на глубину до 1 м).

*Крепление вертикальных стенок траншей* осуществляют досками, брусками, жердями, деревянными щитами, фанерой, стальными волнистыми листами и т.п.

Монтаж трубопроводов выполняют в траншее после подготовки и проверки основания, при этом должны соблюдать следующие требования:

- 1) грунт основания должен быть ненарушенной структуры;
- 2) дно траншеи должно иметь проектные отметки;
- 3) каждое звено трубопровода должно плотно соприкасаться с основанием по всей длине;
- 4) недоборы грунта по дну траншеи до 5...10 см должны быть ликвидированы (обычно вручную с откидкой грунта на участки с уложенным трубопроводом);
- 5) случайные переборы должны быть устранены засыпкой (песком, щебнем, гравием) с тщательным уплотнением;
- 6) уклоны дна траншей для самотечно-напорных линий закрытых оросительных систем должны быть не менее 0,003;
- 7) на болотистых, плавунных, скальных грунтах обязательна подготовка основания из слоя песка, гравия, щебня толщиной 0,1...0,25 м.

При монтаже, трубы соединяют в одну нитку трубопровода, обеспечивая его герметичность в стыках.

*Засыпку траншей* после монтажа труб следует выполнять в летнее время в два этапа. Вначале необходимо засыпать приямки, сделанные под стыками для удобства монтажа, и подбить грунт под бока труб с тщательным уплотнением. Одновременно нужно засыпать трубы сверху на 0,3... 0,5 м, оставляя открытыми все стыки. Дальнейшую засыпку ведут после предварительного испытания трубопровода и устранения всех выявленных дефектов. Засыпку на первом этапе следует вести с большой осторожностью (во избежание нарушения герметичности соединения стыков). Окончательную засыпку производят бульдозерами с послойным уплотнением грунта.

При пересечении трубопроводов с действующими инженерными коммуникациями (дороги, каналы, трубопроводы, кабели), или ценными насаждениями применяют бестраншейные способы их прокладки. Суть всех известных способов состоит в том, что с одной стороны копают рабочий котлован, из которого трубу проталкивают под препятствием до выхода в приемный котлован с противоположной стороны.

Бестраншейную прокладку можно осуществлять:

- 1) продавливанием домкратами, или лебедками без выемки грунта (прямой прокол для труб  $d$  100...150 мм,  $L$  30 м);
- 2) вибропроколом и гидропроколом при  $d$  500 мм,  $L$  100 м;
- 3) продавливанием с выемкой грунта механическим, или гидравлическим способом при  $d$  1200 мм;

4) бурением горизонтальных скважин специальными буровыми устройствами при  $d = 200 \dots 1400$  мм;

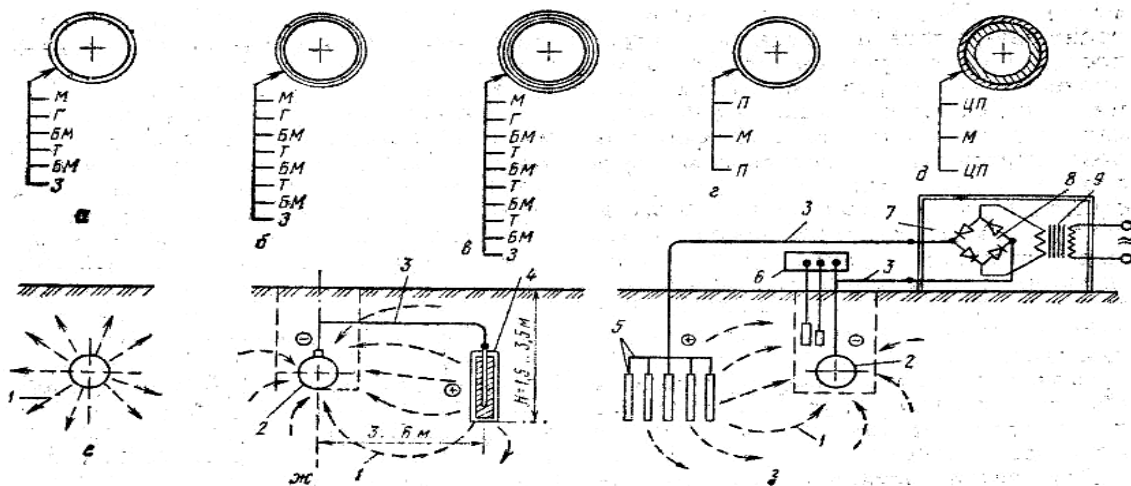
5) устройством подземных выработок, способами, применяемыми при строительстве тоннелей, при  $d = 1,5$  м.

Причины и механизм разрушения металлических труб достаточно хорошо известны, принято различать следующие виды коррозии:

- 1) химическую, происходящую в результате реакции металла с различными химическими веществами, находящимися в грунте, почве, воде;
- 2) электрохимическую, возникающую в связи с гальваническими процессами, развивающимися при контакте металла с растворами, образующимися в грунте;
- 3) биокоррозию, происходящую под влиянием продуктов жизнедеятельности живых организмов (микробы, бактерии, корневая система растений)
- 4) электрокоррозию, от воздействия блуждающих электрических токов.

Тип и конструкцию гидроизоляции для труб выбирают при проектировании трубопроводов с учетом свойств материала и агрессивности окружающей среды в грунте (рис. 16, с рисунка подробнее о гидроизоляции).

#### Защита стальных труб от коррозии



Защита стальных труб от коррозии:

**а, б, в** — нормальная, усиленная и весьма усиленная наружная битумная гидроизоляция; **г** — наружная и внутренняя гидроизоляция из лаков на основе полимеров; **д** — цементно-песчаное покрытие тонкостенных труб; **е** — схема стекания электронов с труб при отсутствии электрозащиты; **ж** — схема протекторной электрозащиты; **з** — принципиальная схема катодной защиты; **М** — металл трубы; **Г** — грунтотка; **БМ** — битумная или резинокбитумная мастика; **Т** — слой стеклоткани; **З** — защитный слой из прочной бумаги; **П** — полимерное или лаковое покрытие; **ЦП** — цементно-песчаное покрытие; **1** — направление движения электрического тока; **2** — защищаемая труба; **3** — соединительные кабели; **4** — протектор из магниевого сплава с обмоткой активатором, защищающим от образования пассивных пленок; **5** — заземление; **6** — контрольно-измерительная аппаратура для регулирования параметров тока электрозащиты; **7** — станция катодной защиты; **8** — выпрямитель; **9** — понижающий трансформатор.

Рис. 16 — Защита стальных труб от коррозии

Гидроизоляцию стальных труб, с целью снижения трудоемкости и повышения качества, следует проводить в стационарных условиях: на заводах изготовителях труб, в цехах предприятий производственной базы крупных строительных управлений и объединений, а также в местных мастерских.

При необходимости выполнять большие объемы гидроизоляционных работ в полевых условиях следует использовать комплекс специальных механизмов, состоящий из очистного и изолировочного агрегатов, применяемых при строительстве магистральных трубопроводов.

Для надежной работы гидроизоляций, необходим тщательный контроль за качеством работ, в ходе которого проверяют: равномерность толщины покрытия, отсутствие пропусков, отслоений, пузырей, механических повреждений. Не допускаются подтеки, сгустки, «сосульки». Контроль осуществляют визуально или с применением электрических приборов, оценивающих качество по электрическому сопротивлению изоляционного слоя. Все выявленные дефекты устраняют до засыпки траншей.

### **3. Испытания трубопроводов**

Испытания трубопроводов проводят для проверки прочности и герметичности труб и стыков гидравлическим или пневматическим способами.

С этой целью испытываемые участки трубопровода длиной до 1 км, оборудуют приборами для поднятия давления до испытательного и манометрами.

Испытательное давление при гидравлическом способе превышает рабочее обычно на 0,3...0,5 МПа и позволяет оценить не только прочность трубопровода, но и размер утечек из него.

Пневматический способ испытания менее надежен и более опасен. Его применяют в безводных районах, а также зимой, когда вода замерзает. Герметичность трубопровода при пневматических испытаниях оценивают по падению давления воздуха за нормированный промежуток времени.

#### **Вопросы для самоконтроля**

1. Применяемые материалы при строительстве закрытых оросительных сетей (ЗОС)
2. Производство работ при строительстве ЗОС
3. Монтаж трубопроводов
4. Испытание трубопроводов

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

##### **Основная литература**

1. Белецкий, Б. Ф. Технология и механизация строительного производства [Электронный ресурс] / Б. Ф. Белецкий. - 4-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2011. - 752 с. - ISBN 978-5-8114-1256-3 : Б. ц.
2. Белецкий, Б. Ф. Строительные машины и оборудование [Электронный ресурс] / Б. Ф. Белецкий, И. Г. Булгакова. - 3-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2012. - 608 с. - ISBN 978-5-8114-1282-2
3. Болотин, С. А. Организация строительного производства : учебное пособие / С. А. Болотин, А. Н. Вихров. - 3-е изд., стер. - М. : Академия, 2009. - 208 с. - (Высшее проф. образование. Строительство). - ISBN 978-5-7695-6471-0.
4. Иванов Е.С. Организация строительства объектов природообустройства. -М.: Колос, 2009, 415 стр.

##### **Дополнительная литература**

1. Организация строительного производства : учебник для строительных вузов / Л. Г. Дикман. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. - 608 с.
2. Стаценко, А. С. Технология строительного производства / А. С. Стаценко. - Ростов н/Д. : Феникс, 2006. - 416 с. - (Высшее образование).
3. Соколов, Г. К. Технология строительного производства : учебное пособие / Г. К. Соколов. - М. : Академия, 2006. - 544 с.
4. Сабо, Евгений Дюльевич. Гидротехнические мелиорации объектов ландшафтного

- строительства : учебник / Е. Д. Сабо, В. С. Теодоронский, А. А. Золотаревский. - М. : Академия, 2008. - 336 с. : ил. - (Высшее проф. образование. Ландшафтное строительство). - ISBN 978-5-7695-4318-0
5. Ясинецкий В.Г., Фенин Н.К. Организация и технология гидромелиоративных работ. М.,1986.
  6. Библиотека ГОСТов и нормативных документов <http://libgost.ru>

## ПРОИЗВОДСТВО БЕТОННЫХ РАБОТ

### 1. Назначение и виды бетонных и ж/б работ

Бетоном называется искусственный камень, получаемый в результате затвердевания смеси вяжущего вещества, разных по крупности заполнителей и воды. Бетон - один из основных строительных материалов. Он широко применяется для изготовления сборных железобетонных деталей и конструкций, а также для возведения сборно монолитных и монолитных железобетонных и бетонных сооружений.

В зависимости от вида вяжущего вещества различают:

- бетон цементный (наиболее распространенный);
- силикатный;
- гипсобетон;
- асфальтобетон;
- пластбетон и др.

Цементный бетон, армированный стальными стержнями, называется железобетоном.

По способу выполнения бетонные и железобетонные конструкции бывают монолитные, изготавливаемые на стройке в самом сооружении, и сборные, изготавливаемые на специальных заводах и местных полигонах и монтируемые на стройке в готовом виде.

Распространенность бетона объясняется многими его положительными качествами: прочностью и долговечностью; использованием для его приготовления таких распространенных материалов как - камень, гравий, песок; достаточной водонепроницаемостью; возможностью возводить из него сооружения любой формы, причем в соединении со сталью железобетонные конструкции работают на изгиб и растяжение; возможностью механизации всех строительных операций по возведению бетонных и железобетонных сооружений.

Производство бетонных работ в с/х и мелиоративном строительстве имеет свои организационные особенности.

Количественные показатели свойств гидротехнических бетонов задаются следующими основными значениями (марками):

по прочности на осевое сжатие - М 75, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600 (цифры соответствуют прочностям на сжатие 7,5; 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 60 МПа);

по морозостойкости - Мрз 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 500 (числа соответствуют числу циклов попеременного замораживания и оттаивания бетонного образца, после которого его прочность снизится не более чем на 15%);

по водопроницаемости.— В2, В4, В6, В8, В10, В12 (числа соответствуют гидравлическому давлению воды 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2 МПа, при котором через образец бетона не происходит просачивания воды).

Марки бетона назначают при проектировании бетонных конструкций гидротехнических сооружений с учетом расчетных нагрузок, условий работы и природно-климатических условий. Все показатели свойств бетона связаны между собой:

Таблица 9

## Ориентировочная взаимосвязь свойств бетона

Свойства бетона	Прочность на осевое сжатие, МПа					
	15	20	25	30	35	40
Марка по прочности «М»	150	200	250	300	400	400
Морозостойкость «Мрз»	50	100	150	200	300	400
Водопроницаемость «В»	2	4	6	8	10	12
Принимаемое расчетное сопротивление бетона осевому сжатию по предельному состоянию:						
по первой группе (несущая способность), МПа	7	9	11	13,6	15,5	17,5
по второй группе (образование трещин), МПа	8,5	11,5	14,5	17	20	22,5

## 2. Технология производства бетонных работ

Технология производства бетонных работ отличается разнообразием выполняемых строительных процессов. Это объясняется наличием многих самостоятельных потоков работ: изготовление опалубки, арматуры, приготовление бетонной смеси, транспортировка, укладка бетона или монтаж сооружений из изготовленных частей

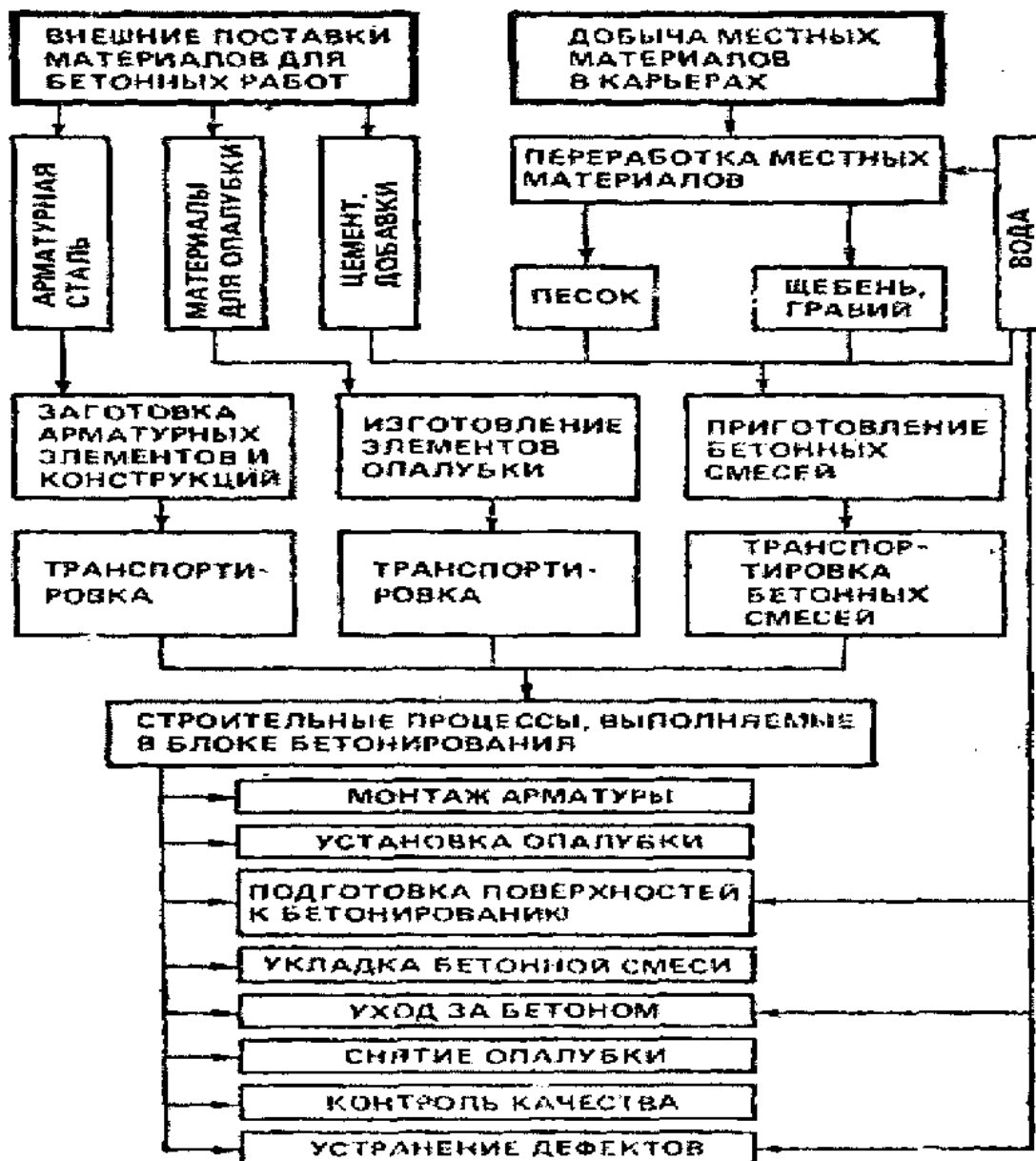


Рис. 18 – Технология производства бетонных работ

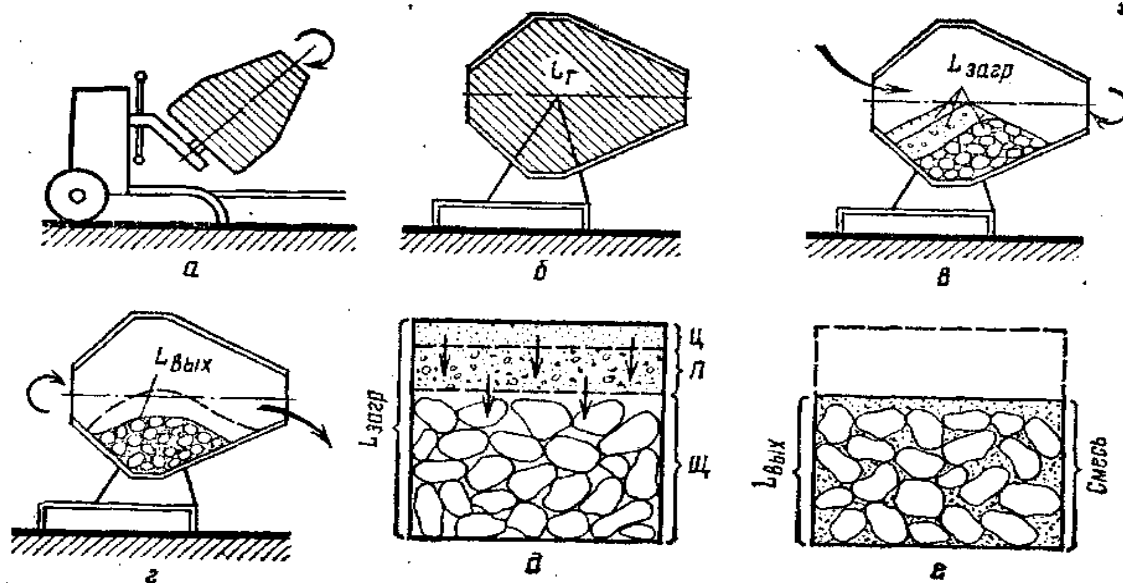
### 3. Технология приготовления бетонной смеси

Процесс приготовления бетонной смеси состоит из следующих операций:

- 1) транспортировки материалов со склада;
- 2) дозирования;
- 3) загрузки в бетоносмеситель;
- 4) перемешивания;
- 5) выгрузки.

Основной рабочий параметр бетоносмесителей циклического действия - вместимость их барабанов. Различают следующие вместимости барабана: геометрическую  $L_g$ , по загрузке  $L_{заг}$  и по выходу бетонной смеси  $L_{вых}$ .





Приготовление бетонной смеси в гравитационных смесителях циклического действия: а — передвижной бетоносмеситель вместимостью по выходу 65 л; б — стационарный бетоносмеситель вместимостью по выходу 330, 800, 1600 л; в, г — схемы, поясняющие понятия: вместимость бетоносмесителя по загрузке  $L_{загр}$  и по выходу  $L_{вых}$ ; д, е — схемы, характеризующие изменение объема, занимаемого материалами в процессе перемешивания.

Рис. 19 — Приготовление бетонной смеси в гравитационных смесителях циклического действия

Между вместимостями по загрузке и выходу бетонной смеси существует следующая зависимость:

$$L_{вых} = L_{загр} * K_{вых}$$

где

$$K_{вых} = \frac{1}{\frac{Щ}{\gamma_{щ}} + \frac{П}{\gamma_{п}} + \frac{Ц}{\gamma_{ц}}}$$

коэффициент выхода бетонной смеси; Щ, П, Ц — масса доз щебня, песка и цемента на 1 м<sup>3</sup> бетона;  $\gamma_{щ}$ ,  $\gamma_{п}$ ,  $\gamma_{ц}$  — средняя плотность щебня, песка, цемента, т/м<sup>3</sup>

Производительность (м<sup>3</sup>/ч) бетоносмесителей циклического действия можно определить по формуле:

$$P_3 = \frac{L_{вых}}{1000} n K_{в}, \text{ или } P_3 =$$

$$= L_{загр} K_{вых} n K_{в} / 1000,$$

где  $n = 3600/T_{ц}$  — число замесов за час;  $K_{в}$  — коэффициент использования рабочего времени;  $T_{ц} = t_1 + t_2 + t_3$  — продолжительность одного цикла;  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  — продолжительность соответственно загрузки, перемешивания и выгрузки бетонной смеси.

#### 4. Транспортирование бетонных смесей

Бетонные смеси к местам укладки транспортируют специально оборудованными автосамосвалами, автобетоновозами, автобетоносмесителями, бадьями, установленными на автомобили или железнодорожные платформы, ленточными конвейерами, а также с помощью бетононасосов. На заводах товарного бетона смесь перевозят на значительные расстояния от завода автобетоновозами, автобетоносамосвалами, автобетоносмесителями. В бадьях, расположенные близко к заводу,— с помощью насосного транспорта, ленточных конвейеров, узкоколейной железной дороги.

На заводах железобетонных конструкций **бетонная смесь** транспортируется автосамосвалами, ленточными конвейерами, самоходными раздаточными бункерами, бадьями и по трубам с помощью сжатого воздуха. Использовать автомобили внутри цехов запрещено санитарными нормами, так как на человека смертельно действует углекислый газ. Оборудование для транспортирования, подачи и укладки смеси должно исключать возможность попадания в смесь атмосферных осадков, нарушения однородности смеси и потери вяжущего, предохранять смесь от вредного воздействия ветра и солнечных лучей.

Зимой бетонную смесь транспортируют в утепленных бетоновозах, специальных контейнерах, автосамосвалах с подогревом кузова выхлопными газами. Кузов накрывают брезентом или утепленными щитами, бадьи и бункеры — деревянными утепленными крышками. Нежелательно бетон перегружать, так как температура смеси интенсивно падает.

Расстояние перевозки **бетонной смеси** зависит от допустимого времени нахождения ее в пути, средней скорости транспортных средств. Для дорог с твердым покрытием это расстояние может составлять 30—35 км, а для грунтовых дорог— 15— 20 км. Допустимая продолжительность транспортирования не должна превышать времени схватывания цемента, что для тяжелых бетонов составляет 45—120 мин. Кроме того, время транспортирования зависит и от температуры бетонной смеси: 45 мин — при температуре бетона 20—30 °С; 90 мин при 10— 20 °С и 120 мин — при 5—10 °С.

Для сохранения технологических свойств смесей максимально сокращают число перегрузочных операций и разгружают смесь непосредственно в бетонизируемую конструкцию или бетоноукладочное оборудование. Высота свободного падения смеси при выгрузке в горизонтально расположенную форму — не более 1 м.

Способы транспортирования **бетонных смесей** в зависимости от применяемых средств могут быть порционными, непрерывными и комбинированными.

#### 5.

#### Укладка бетонной смеси

В процессе укладки следует обеспечивать:

- тщательную подготовку всех контактных поверхностей и основания путем очистки и увлажнения;
- однородность структуры бетонного массива;
- равномерное и качественное уплотнение без пустот и раковин;
- отвод и равномерное рассеивание экзотермического тепла, выделяющегося в процессе гидратации (ограничивая размеры блоков, а при необходимости применения системы для охлаждения внутренних зон крупных блоков);
- уход за твердеющим бетоном с обеспечением необходимой влажности, а в зимнее время — температурного режима;

- ❑ недопущение преждевременных нагрузок и соблюдение сроков снятия опалубки.

### **6. Уход за уложенным бетоном**

Уход за бетоном заключается в защите его от механических повреждений, преждевременных нагрузок, в поддержании его во влажном состоянии, в отводе избытков тепла от крупных блоков, поддержании положительных температур зимой, недопущении преждевременного снятия опалубки. Без ухода и при плохом уходе за твердеющим бетоном наблюдается резкое понижение его прочности.

Свежеуложенный бетон до получения первоначальной прочности в течение 10... 12 ч следует защищать от хождения и проезда по нему, а также от сотрясения при работе строительных машин. В первые дни после укладки он должен находиться в теплой и влажной среде. Наилучшая температура твердения 15...20°C. Поэтому в стадии ухода за бетоном его поливают, укрывают от солнца.

Поливают бетон при температурах воздуха выше 5°C, начиная ее в обычных условиях через 10... 12 ч, а в жаркую сухую погоду через 2...4 ч после укладки и продолжая в течение 3...14 сут с интервалом от 3 до 8 ч. Расход воды на полив не менее 6 л/м .

Уход за бетоном значительно упрощается при покрытии его влагозащитными пленками, прокраской в 1...2 слоя битумными или дегтевыми эмульсиями, нефтебитумными растворами и т.п.

### **7. Разбивка сооружений на блоки бетонирования**

Из-за неравномерной осадки и температурных изменений линейных размеров конструкций крупное бетонное сооружение разбивается на секции с устройством между ними сквозных по всей ширине и до основания температурно-осадочных швов. Разрезку сооружений на секции выполняют по результатам специальных расчетов. В курсовых проектах гидротехническое сооружение разрезают на секции швами через 7 - 20 м.

Для обеспечения непрерывного бетонирования, исходя из технологии производства бетонных работ, отдельные секции и зоны, в свою очередь, разбиваются (разрезаются) на строительные блоки бетонирования с применением одной из известных *схем разрезки*:

- ❖ Столбчатой;
- ❖ ярусной (днепровской),
- ❖ длинными блоками (послойной).

В целях уменьшения усадки бетона ширина блоков не должна быть больше 18 - 20 м. Высота блоков для быстрого охлаждения, а также уменьшения усадки бетона назначается в пределах 1,5 - 6 м.

Кроме соблюдения основного ограничения (F максим.), необходимо учитывать и другие факторы:

- ❖ количество швов должно быть наименьшим;
- ❖ должны быть увязаны размеры блоков и опалубки, необходимо их размеры увязывать также с технологическими требованиями; чем выше блок, тем сложнее опалубка;
- ❖ прискальные блоки при отсутствии регулирования температуры бетона нужно делать в 2 - 3 раза меньше обычных, при эффективном регулировании - можно принимать равными обычным;

- ❖ объем одного или нескольких бетонизируемых без перерыва блоков не должен превышать производительности бетонного завода за целое число смен  $n$  в сутки.
- ❖ при разбивке на блоки необходимо учитывать, что в разные зоны плотин укладывается бетон различных классов, т.е. надо учитывать толщину зон;
- ❖ строительные швы нежелательно размещать в местах наибольших концентраций напряжений, т.е. в местах изгиба конструкций;
- ❖ при достижении швами поверхности сооружения они не должны образовывать с ней острых углов для предотвращения складывания бетона;
- ❖ при проектировании строительных швов необходимо предусмотреть их штрабление для передачи усилий, упрочения швов и уменьшения фильтрации;

#### Вопросы для самоконтроля

5. Бетонные установки и заводы
6. Дозаторы материалов
7. Бетоносмесители
8. Транспорт бетонной смеси
9. Подготовка оснований под укладку бетонной смеси
10. Укладка бетонной смеси

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

##### Основная литература

1. Белецкий, Б. Ф. Технология и механизация строительного производства [Электронный ресурс] / Б. Ф. Белецкий. - 4-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2011. - 752 с. - ISBN 978-5-8114-1256-3 : Б. ц.
2. Белецкий, Б. Ф. Строительные машины и оборудование [Электронный ресурс] / Б. Ф. Белецкий, И. Г. Булгакова. - 3-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2012. - 608 с. - ISBN 978-5-8114-1282-2
3. Болотин, С. А. Организация строительного производства : учебное пособие / С. А. Болотин, А. Н. Вихров. - 3-е изд., стер. - М. : Академия, 2009. - 208 с. - (Высшее проф. образование. Строительство). - ISBN 978-5-7695-6471-0.
4. Иванов Е.С. Организация строительства объектов природообустройства. -М.: Колос, 2009, 415 стр.

##### Дополнительная литература

1. Организация строительного производства : учебник для строительных вузов / Л. Г. Дикман. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. - 608 с.
2. Стаценко, А. С. Технология строительного производства / А. С. Стаценко. - Ростов н/Д. : Феникс, 2006. - 416 с. - (Высшее образование).
3. Соколов, Г. К. Технология строительного производства : учебное пособие / Г. К. Соколов. - М. : Академия, 2006. - 544 с.
4. Сабо, Евгений Дюльевич. Гидротехнические мелиорации объектов ландшафтного строительства : учебник / Е. Д. Сабо, В. С. Теодоронский, А. А. Золотаревский. - М. : Академия, 2008. - 336 с. : ил. - (Высшее проф. образование. Ландшафтное строительство). - ISBN 978-5-7695-4318-0
5. Ясинецкий В.Г., Фенин Н.К. Организация и технология гидромелиоративных работ. М.,1986.
6. Библиотека ГОСТов и нормативных документов <http://libgost.ru>

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белецкий, Б. Ф. Технология и механизация строительного производства [Электронный ресурс] / Б. Ф. Белецкий. - 4-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2011. - 752 с. - ISBN 978-5-8114-1256-3 : Б. ц.
2. Белецкий, Б. Ф. Строительные машины и оборудование [Электронный ресурс] / Б. Ф. Белецкий, И. Г. Булгакова. - 3-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2012. - 608 с. - ISBN 978-5-8114-1282-2
3. Болотин, С. А. Организация строительного производства : учебное пособие / С. А. Болотин, А. Н. Вихров. - 3-е изд., стер. - М. : Академия, 2009. - 208 с. - (Высшее проф. образование. Строительство). - ISBN 978-5-7695-6471-0.
4. Иванов Е.С. Организация строительства объектов природообустройства. -М.: Колос, 2009, 415 стр.
5. Организация строительного производства : учебник для строительных вузов / Л. Г. Дикман. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. - 608 с.
6. Стаценко, А. С. Технология строительного производства / А. С. Стаценко. - Ростов н/Д. : Феникс, 2006. - 416 с. - (Высшее образование).
7. Соколов, Г. К. Технология строительного производства : учебное пособие / Г. К. Соколов. - М. : Академия, 2006. - 544 с.
8. Сабо, Евгений Дюльевич. Гидротехнические мелиорации объектов ландшафтного строительства : учебник / Е. Д. Сабо, В. С. Теодоронский, А. А. Золотаревский. - М. : Академия, 2008. - 336 с. : ил. - (Высшее проф. образование. Ландшафтное строительство). - ISBN 978-5-7695-4318-0
9. Ясинецкий В.Г., Фенин Н.К. Организация и технология гидромелиоративных работ. М.,1986.
10. Библиотека ГОСТов и нормативных документов <http://libgost.ru>

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
<b>Лекция №1. Общие сведения о водохозяйственных и строительных работах</b>	4
1. Общие сведения о строительных работах. Земляные работы и сооружения.	4
2. Организация труда	8
3. Производительность труда и производственные нормы	8
4. Баланс грунтовых масс	9
5. Способы производства земляных работ	10
Вопросы для самоконтроля	11
Список литературы	11
<b>Лекция №2 Производство земляных работ бульдозерами</b>	13
1. Области и условия применения бульдозеров	13
2. Производство работ бульдозерами	14
3. Производительность бульдозеров	18
Вопросы для самоконтроля	21
Список литературы	21
<b>Лекция №3 Производство работ скреперами</b>	22
1. Области и условия применения скреперов	22
2. Технология скреперных работ	24
3. Схемы рабочих перемещений скреперов	25
4. Производительность скреперов	27
Вопросы для самоконтроля	27
Список литературы	27
<b>Лекция №4 Производство работ одноковшовыми экскаваторами</b>	29
1. Области и условия применения одноковшовых экскаваторов	29
2. Разработка грунта экскаваторами с рабочим оборудованием обратная лопата	31
3. Разработка грунта экскаваторами с рабочим оборудованием прямая лопата	32
4. Разработка грунта экскаваторами с рабочим оборудованием драглайн	34
5. Разработка грунта экскаваторами с рабочим оборудованием грейфер	35
6. Производительность одноковшовых экскаваторов	35
Вопросы для самоконтроля	35
Список литературы	36
<b>Лекция №5 Производство земляных работ грунтоуплотняющими машинами</b>	37
1. Факторы, влияющие на уплотнение грунта	37
2. Способы уплотнения грунтов	38
3. Производительность машин	40
4. Технология производства работ по уплотнению грунтов в насыпях	41
Вопросы для самоконтроля	43
Список литературы	43
<b>Лекция №6 Комплексная механизация строительных процессов</b>	45
1. Показатели комплексной механизации	45
2. Выбор машин для комплексной механизации работ	47
3. Технологические карты	49
Вопросы для самоконтроля	50
Список литературы	50
<b>Лекция №7, 8 Строительство насыпных земляных плотин и дамб</b>	52

1. Назначение, виды земляных насыпных плотин и способы их возведения.	52
2. Требования к материалам	53
3. Технология строительства плотин	54
4. Строительство грунтовых плотин в зимнее время	56
Вопросы для самоконтроля	56
Список литературы	56
<b>Лекция №9 Технология строительства каналов</b>	58
1. Общие сведения	58
2. Типизация каналов и их участков.	58
3. Строительство каналов в земляном русле.	60
Вопросы для самоконтроля	62
Список литературы	63
<b>Лекция №10 Строительство закрытых оросительных сетей</b>	64
1. Трубопроводы оросительной сети, материал и марка труб, условия применения	64
2. Технология строительства закрытых оросительных сетей	65
3. Испытания трубопроводов	68
Вопросы для самоконтроля	68
Список литературы	68
<b>Лекция №11, 12 Производство бетонных работ</b>	70
1. Назначение и виды бетонных и ж/б работ	70
2. Технология производства бетонных работ	71
3. Технология приготовления бетонной смеси	72
4. Транспортирование бетонных смесей	74
5. Укладка бетонной смеси	74
6. Уход за уложенным бетоном	75
7. Разбивка сооружений на блоки бетонирования	75
Вопросы для самоконтроля	76
Список литературы	76
Библиографический список	78

Л.А. Журавлева, М.В. Карпов

# ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ПРИРОДООБУСТРОЙСТВУ И ВОДОПОЛЬЗОВАНИЮ

Краткий курс лекций

для бакалавров IV курса

Направление подготовки

20.03.01 Природообустройство и водопользование, 08.03.01 Строительство,  
35.03.11 Гидромелиорация, Техносферная безопасность, 23.03.02 Наземные  
транспортно-технологические комплексы, 23.05.01 Наземные транспортно-  
технологические средства

ISBN 978-5-00140-985-4



Подписано в печать 25.03.2022.

Формат 60×84 1/16. Гарнитура Times New Roman. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 4,65. Тираж 100 экз. Заказ № 1284-22.

Отпечатано в соответствии с предоставленными материалами  
в ООО «АМИРИТ», 410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, 88.

Тел.: 8-800-700-86-33 | (845-2) 24-86-33

E-mail: [zakaz@amirit.ru](mailto:zakaz@amirit.ru)

Сайт: [amirit.ru](http://amirit.ru)