

УДК 622.271.3
ББК 33.22
Я52

Книга соответствует «Гигиеническим требованиям к изданиям книжным для взрослых» СанПиН 1.2.1253—03, утвержденным Главным государственным санитарным врачом России 30 марта 2003 г. (ОСТ 29.124—94). Санитарно-эпидемиологическое заключение Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека № 77.99.60.953.Д.014367.12.13

Экспертиза проведена Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по образованию в области горного дела (письмо № 51-16/310 от 19.03.2013)

Рецензенты:

- д-р техн. наук, проф. *В.П. Дробаденко* (зав. кафедрой «Геотехнология и комплексное освоение россыпных и морских месторождений» Российского государственного геологоразведочного университета);
- д-р техн. наук, проф. *В.И. Емельянов* (зав. кафедрой «Разработка месторождений полезных ископаемых» Московского государственного открытого университета);
- председатель Совета директоров ЗАО «Сибгидромехстрой», канд. техн. наук *Е.В. Лизунов*

Ялтанец И.М., Пастихин Д.В., Исаева Н.И.

Я52 Открытые горные работы при строительстве: Учебное пособие для вузов. — М.: Издательство «Горная книга», 2014. — 384 с.

ISBN 978-5-98672-365-5

Рассмотрены основные производственные процессы с использованием экскавационных машин и средств гидромеханизации открытых горных работ при строительстве промышленных, гражданских и гидротехнических объектов. Большое внимание уделено вопросам организации и производства земляных работ с использованием экскаваторов, бульдозеров, скреперов, грейдеров, гидромониторно-землесосных комплексов и плавучих землесосных снарядов. Даны технологические особенности производства земляных работ в гидротехническом строительстве с использованием средств гидромеханизации. Изложены основные организационно-технические и специальные требования по обеспечению безопасного ведения рассматриваемых работ, а также вопросы охраны окружающей природной среды.

Для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки (специальностям) «Горное дело» и «Физические процессы горного или нефтегазового производства».

ISBN 978-5-98672-365-5

УДК 622.271.3
ББК 33.22

© И.М. Ялтанец, Д.В. Пастихин,
Н.И. Исаева, 2014
© Издательство «Горная книга», 2014
© Дизайн книги.
Издательство «Горная книга», 2014



9 785986 723655

ПРЕДИСЛОВИЕ

Выполнение больших объемов земляных работ невозможно без применения основных производственных (технологических) процессов открытых горных работ. Технологические процессы в строительстве имеют место при выполнении следующих видов работ: устройство котлованов, выемок, траншей и каналов, намыв плотин, дамб и насыпей, углубление дна рек, планировка территорий, очистка от наносов строительных каналов, прудов и т.д.

Производственные процессы открытых горных работ при выполнении указанных видов работ следуют один за другим (подготовка горной массы к выемке (размыву), выемочно-погрузочные (размыв) работы, транспортирование и укладка (намыв) горной массы) и могут выполняться с использованием экскаваторов (экскаваторно-автомобильных, экскаваторно-железнодорожных и экскаваторно-конвейерных комплексов), экскавационно-транспортной техники (автопогрузчиков, бульдозеров, скреперов, грейдеров), средств гидромеханизации (гидромониторно-землесосных комплексов и плавучих землесосных снарядов).

При производстве различных видов строительных работ земляные работы являются сложным комплексом инженерных и технических решений, для осуществления которых необходимы глубокие знания и определенные навыки. Выполнять земляные работы следует по заранее разработанным проектам, основные задачи которых:

- использование наиболее прогрессивных методов и высокопроизводительных машин и механизмов;
- обеспечение при этом концентрации материальных и людских ресурсов;
- организация производства работ с наиболее интенсивным использованием машин;
- возможность ведения работ круглый год;
- соблюдение правил производственной санитарии и техники безопасности.

Для выполнения вышеуказанного основной технической документацией являются проект организации строительства объекта, проект производства работ и рабочие чертежи.

При подборе отдельных материалов по оборудованию и технологии открытых горных работ в строительстве принимали участие канд. техн. наук И.В. Липский, инженер Н.Н. Кожевников ГУП «Трест “Энергогидромеханизация”», горные инженеры П.О. Исаев НПО «Гольфстрим», И.О. Исаев ОАО «НПП “Квант”».

Впервые в издаваемом такого рода учебном пособии использованы некоторые теоретические и практические (чисто технологические) положения, в разное время разработанные проф. Е.Ф. Шешко, акад. АН СССР и РАН России В.В. Ржевским, проф. М.М. Гришиным, проф. Д.Л. Меламутом, проф. Г.А. Нуроком и другими учеными, использованы достижения научно-педагогических школ Московского инженерно-строительного института (теперь МГСУ), Ленинградского политехнического института (теперь СПбГТУ) и других горных и строительных вузов СССР, труды ведущих научных и проектных институтов, строительных организаций (ВНИИГиМ, ВНИПИИстромсырье, Монтажгидромеханизация, Трансгидромеханизация, Энергогидромеханизация, ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, ВОДГЕО и других организаций).

Авторы выражают глубокую признательность и благодарность кафедре «Технология, механизация и организация открытых горных работ» Московского горного института Национального исследовательского технологического университета «МИСиС», зав. кафедрой «Геотехнология и комплексное освоение россыпных и морских месторождений» Российского государственного геологоразведочного университета д-ру техн. наук, проф. В.П. Дробаденко, зав. кафедрой «Разработка месторождений полезных ископаемых» Московского государственного открытого университета д-ру техн. наук, проф. В.И. Емельянову, председателю Совета директоров ЗАО «Сибгидромехстрой» канд. техн. наук Е.В. Лизунову за большой труд по рецензированию учебного пособия и ценные замечания.

Все замечания и пожелания читателей, направленные на улучшение содержания учебного пособия, будут приняты авторами и издательством с благодарностью.

Часть 1

**ОТКРЫТЫЕ ГОРНЫЕ РАБОТЫ
ПРИ ПРОМЫШЛЕННОМ И ГРАЖДАНСКОМ
СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Глава 1

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Необходимо иметь в виду, что данное учебное пособие не заменяет учебников, учебных пособий и многочисленной литературы, которые опубликованы по вопросам открытых горных работ (процессы, технологии, расчеты параметров элементов систем разработки и технологий).

В нем приведены некоторые нормативные и расчетные данные, порядок, организация, а также требования безопасности при производстве земляных работ, которые необходимы для получения знаний о проектировании работ при строительстве технических и гидротехнических объектов.

Строительство различных технических и гидротехнических сооружений, систем водоснабжения и водоотведения обычно сопряжено с необходимостью выполнения больших объемов земляных работ.

Под **земляными работами** подразумеваются все виды работ, связанные с разработкой, извлечением, укладкой и транспортировкой грунта. Именно земляные работы определяют надежность любой постройки. Различают открытые, подводные и подземные земляные работы.

В комплексном процессе земляных работ можно выделить три составляющие: подготовительные, основные и вспомогательные работы [1].

Подготовительные земляные работы: отвод поверхностных вод от территории строительной площадки, понижение уровня грунтовых вод ниже проектной отметки дна выемки (котлована). Объем земляных работ может быть значительным и зависит от параметров сооружения. Кроме того, скальные, прочные и мерзлые грунты предварительно разрыхляют специальными механизмами.

Подготовительные работы выполняются с целью повышения производительности землеройной и транспортной техники и создания благоприятных условий для рабочих при выполнении основных работ.

Основные земляные работы состоят из следующих процессов: разработка, перемещение и укладка грунта. Проведение земляных работ, как правило, осуществляется экскавационными машинами и механизмами — экскаваторами или экскавационно-транспортными — бульдозерами, скреперами, грейдерами. Перемещение грунта на большие расстояния производится автомобильным транспортом, на небольшие — экскавационно-транспортными машинами и механизмами. Укладка грунта может быть выполнена с применением вышеперечисленной техники с уплотнением его и созданием проектных параметров земляного сооружения.

В процессе проведения земляных работ выполняются *вспомогательные земляные работы*:

- установка и разборка креплений вертикальных откосов выемки или насыпи;
- откачивание воды из выемки (водоотлив);
- выравнивание откосов, уплотнение грунта и т.п.

Комплекс технологических процессов, характеризующий земляные работы, обладает значительной трудоемкостью и стоимостью. Так, например, в промышленном строительстве земляные работы составляют около 15% общей стоимости возводимого объекта и около 20% трудоемкости от общего объема работ. В связи с этим объемы земляных работ стремятся сократить. Так, при планировке площадки это достигается за счет соблюдения нулевого баланса земляных масс, когда объем грунта из выемок полностью укладывается в полезные насыпи.

Кроме того, при проведении земляных работ используют наиболее эффективные по стоимости и трудоемкости методы производства и механизацию. Для этого прежде всего необходимо выбрать прогрессивную технологию с использованием комплекта машин, механизмов и транспорта.

Проведение земляных работ обычно осуществляется механизированным способом, однако при малых объемах, в стес-

ненных условиях, когда невозможно использовать средства механизации, применяют ручной труд. Производительность ручного труда в 20–30 раз ниже механизированного, поэтому применение его должно быть обосновано.

Земляные сооружения — это инженерные сооружения, которые устраиваются в грунтовом массиве или возводятся из грунта на поверхности. Создание земляных сооружений — это тоже земляные работы.

По сроку службы (продолжительности использования) земляные сооружения бывают постоянными и временными. *Постоянные земляные сооружения* — это составные элементы строящихся объектов и предназначены для нормальной их эксплуатации. К числу таких сооружений относятся каналы, выемки и насыпи автомобильных и железных дорог, дамбы гидротехнических сооружений, скважины для снабжения водой и т.п. *Временные земляные сооружения* устраивают при возведении заглубленной части зданий и сооружений, инженерных сетей. После этого они частично или полностью ликвидируются. К ним относятся котлованы и траншеи.

По назначению различают основные, вспомогательные и защитные земляные сооружения. Комплекс таких сооружений наиболее характерен и необходим при строительстве и эксплуатации автомобильных и железных дорог, проезжая часть которых располагается в выемке или на насыпи.

Котлованами называются выемки, ширина которых мало отличается от длины, а **траншеями** — выемки, имеющие малые размеры поперечного сечения и большую длину. Котлованы необходимы для строительства сооружений, а траншеи — для прокладки трубопроводов и других коммуникаций.

Наклонные боковые поверхности выемок и насыпей называют **откосами**, а горизонтальные поверхности вокруг них — **бермами**. Другие элементы земляных сооружений:

- **дно выемки** — нижняя горизонтальная земляная поверхность выемки;
- **бровка** — верхняя кромка откоса;
- **подошва** — нижняя кромка откоса;

- **крутизна** (или коэффициент) откоса, вычисляемая по формуле $m = h/a$, где h — глубина выемки или высота насыпи, a — заложение откоса.

К земляным сооружениям относятся также резервы и кавальеры. **Резервы** — это выемки, из которых берут грунт для устройства насыпи, а **кавальеры** — это насыпи, образуемые при отсыпке ненужного грунта, например для временного его хранения, используемого затем вновь для засыпки траншей или пазух котлованов. Земляные сооружения при их эксплуатации не должны изменять своей формы и основных размеров, давать просадок, размываться под действием текущей воды и поддаваться влиянию атмосферных осадков.

На производство земляных работ при реконструкции промышленных предприятий оказывают влияние следующие особенности:

- стесненные условия их выполнения в цехах с действующим производством и на территории предприятия, занятой зданиями, сооружениями, коммуникациями;
- сжатые сроки производства работ;
- отрывка котлованов вблизи существующих фундаментов на глубину, превышающую отметку заложения фундаментов;
- необходимость отрывки котлованов в насыпных грунтах, содержащих включения твердых предметов (кирпича, железобетона, цементированного шлака, кусков металла);
- необходимость разборки во многих случаях до начала земляных работ покрытий дорог, площадок, полов;
- обеспечение достаточного уплотнения грунта в обратных засыпках котлованов и траншей, так как в скором времени над засыпками укладываются покрытия полов, дорог и др.;
- наличие большого количества коммуникаций различного назначения в местах отрывки котлованов и траншей;
- большое число ограничений в технологии земляных работ (невозможность применения машин с двигателями внутреннего сгорания на внутрицеховых работах, динамического воздействия на грунт вблизи коммуникаций, применения искусственного водопонижения и др.);

- отсутствие (во многих случаях) мест для временного хранения грунта, разработанного в котлованах и траншеях;
- относительно большой объем работ, выполняемых вручную из-за стесненности, наличия большого количества коммуникаций, трудности применения средств механизации.

В проект производства работ (ППР) должен быть включен раздел «Производство земляных работ», в котором содержатся следующие сведения:

- стройгенплан, на котором обозначаются места выполнения земляных работ, пересекающие их и расположенные на них коммуникации, геодезические знаки, пути движения землевозного транспорта, места стоянок машин для земляных работ, установки временных инвентарных зданий;
- объемы земляных работ с указанием их вида, места выполнения;
- графики выполнения работ с указанием числа смен работы и условий выполнения (с остановкой, без остановки) и графики работы машин;
- технологические схемы выполнения всех основных работ с уточнением состава комплектов машин, бригад рабочих и др.;
- указаны конструкции приспособлений, оснастки, вспомогательных устройств, требующихся для выполнения работ;
- определен контроль качества (на каких этапах, что контролируется, какими методами, с помощью каких приборов, какие предъявляются требования, какие составляются документы);
- требования по безопасности труда для рабочих, занятых на реконструкции, и для рабочих реконструируемого предприятия;
- мероприятия по охране окружающей среды (предохранение производств от пыли, загрязнения автомобильных дорог и пешеходных дорожек, сохранение деревьев, кустов).

При подготовке к производству земляных работ должно быть осуществлено следующее:

- выявлено, уточнено и обозначено на местности положение всех коммуникаций, проходящих в зоне работ и вблизи от нее;

- установлено положение геодезических знаков, требующихся для проведения работ. В необходимых случаях должны быть установлены временные реперы;
- подготовлены и подвезены все материалы и приспособления, требующиеся для выполнения работ (крепления стен выработок, предохранение вскрываемых коммуникаций, лестницы для спуска в выемки и т.п.);
- снят и обвалован растительный грунт (при внецеховых работах) со всей площади работ, включая временные дороги и места временной укладки материалов;
- разобраны конструкции, подлежащие сносу на местах разработки выемок;
- разобраны покрытия полов, дорог, площадок и т.п.

Производство земляных работ при наличии целого ряда опасных вредных производственных факторов сопряжено с опасностью травмирования работников, и поэтому не случайно данный вид работ отнесен к работам с повышенной опасностью, до начала выполнения которых необходимо осуществить ряд обязательных организационных и технических мероприятий, обеспечивающих безопасность работников при выполнении этих работ.

Меры безопасности при подготовке и проведении земляных работ рассмотрены ниже.

После завершения земляных работ земляные участки приводятся в пригодное состояние в ходе строительных работ или же не позднее чем в течение года после завершения работ в соответствии с проектом рекультивации работ.

Стоимость работ на рекультивацию включается в сводную смету строительства.

Передача землепользователями восстановленных земель оформляется актом в установленном порядке.

Глава 2

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ГРУНТАХ И ИХ РАЗРАБОТКЕ

Грунтами называют породы, залегающие в верхних слоях земной коры.

Грунты состоят из отдельных по-разному связанных между собой минеральных частиц.

Грунты различаются по составу, связности частиц, влажности и отношению к влаге, а также по трудности разработки их разными инструментами и машинами.

Грунты делятся на *мягкие*, к которым относятся гравийные, песчаные, пылеватые, суглинистые, тяжелые суглинистые, лёссовые, лёссовидные и торфяные, и *твёрдые*, к которым относятся полускальные (песчаник, алевролит, аргиллит и др.) и скальные грунты [1, 28, 43].

Мягкие грунты характеризуются сравнительно небольшим сцеплением между отдельными частицами. Благодаря этому они легко разрабатываются при помощи различных инструментов и машин.

В скальных (твёрдых) грунтах, наоборот, частицы прочно связаны между собой, что значительно затрудняет их разработку.

Мягкие грунты по степени связности между отдельными частицами разделяются на связные и несвязные.

Связные грунты в сухом состоянии представляют собой прочную массу в виде глыб и комьев, а во влажном состоянии превращаются в липкую грязь. Несвязные грунты в сухом состоянии легко распадаются на отдельные частицы. В табл. 2.1 приведена классификация грунтов по их составу.

Грунты, размеры частиц которых больше 2 мм, называются гравийными, с частицами размером от 2 до 0,05 мм — песчаными, от 0,05 до 0,005 мм — пылеватыми, а с частицами размером меньше 0,005 мм — глинистыми.

Таблица 2.1

Классификация грунтов по составу

Грунты	Наличие глинистых и пылеватых частиц, %	Основные свойства
Песчаные	Глинистых частиц не больше 3%, пылеватых — не больше 15%	Малосвязные, свободно пропускают воду
Пылеватые	Глинистых частиц меньше 12%, пылеватых — больше, чем песчаных	При насыщении водой весьма неустойчивы
Суглинистые	Глинистых частиц 12–18%	Обладают большой связностью и трудно распадаются. Плохо пропускают воду, пластичны, слабо размываются при хорошем уплотнении, весьма устойчивы
Тяжелые суглинки	Глинистых частиц 18–25%	Обладают большой связностью, при увлажнении набухают. Пластичны. Обладают плохой водопроницаемостью
Глинистые	Глинистых частиц больше 25%	Обладают большой связностью, не впитывают влаги и водонепроницаемы. В сухом состоянии прочны
Лёссовые и лёссовидные	Близки к суглинкам, нет частиц песка, большое количество пылеватых частиц	Легко размываются водой. Малосвязные
Торфяные	Большое количество продуктов разложения растений	Рыхлые, сжимаются под нагрузкой. Упругие. Легко впитывают воду

Содержание (в процентах) в грунте различных по размеру частиц (гранулометрический состав) определяет название грунта, его свойства и строительные качества.

В рыхлом состоянии объем грунтов увеличивается. Поэтому после отсыпки все грунты следует искусственно уплотнять. Степень уплотнения грунта определяется его объемной массой.

При выборе способа производства земляных работ учитывают следующие технологические свойства грунтов: объемную массу, плотность и пористость, разрыхляемость, угол естественного откоса, прочность на сжатие и сдвиг, сцепление, влажность и пр.

Объемной массой называют массу 1 м^3 грунта в естественном состоянии. У скальных грунтов она достигает значений

до $2,8 \text{ т/м}^3$, песчаных и глинистых грунтов — $1,6\text{--}2,0 \text{ т/м}^3$. **Плотностью** называют массу 1 м^3 грунта в плотном теле без пор. Определяют плотность пикнометрическим методом. Пористость характеризует структуру грунта в естественном состоянии и определяется коэффициентом пористости, представляющим собой отношение объема пор к объему грунта, в котором они заключены. Коэффициент пористости песчаных и глинистых грунтов составляет $0,3\text{--}0,4$.

Разрыхляемость определяется коэффициентом разрыхления грунта, показывающим увеличение объема грунта при его разработке по сравнению с объемом грунта в естественном состоянии. Различают первоначальное и остаточное разрыхление после уплотнения грунта. В расчетах коэффициент первоначального разрыхления принимают для песчаных грунтов $1,08\text{--}1,15$, глинистых — $1,25\text{--}1,30$; коэффициент остаточного разрыхления соответственно $1,01\text{--}1,05$ и $1,04\text{--}1,09$.

Угол естественного откоса характеризует грунт в состоянии предельного равновесия. Зависит от угла внутреннего трения, сил сцепления, влажности и определяет крутизну устойчивых откосов выемок и насыпей.

Сцепление определяется силами связи между частицами грунта и характеризуется начальным сопротивлением грунта сдвигу. На сцепление большое влияние оказывает состояние грунта: в мерзлых грунтах сцепление значительно увеличивается; с увеличением влажности грунта сцепление уменьшается. Объемная масса и силы сцепления грунта в основном определяют производительность землеройных машин при разработке нескальных грунтов.

Влажность определяется как отношение массы воды в порах грунта к массе твердых частиц грунта. При влажности до 5% грунт считается сухим, при влажности более 30% — мокрым. Влажность оказывает влияние на сцепление грунта, угол естественного откоса и свойства грунта при отрицательных температурах.

В зависимости от предела прочности при одноосном сжатии скальные грунты классифицируют на группы: очень

прочные — $\sigma_{сж} = 1200 \text{ кг/см}^2$ (более 12 000 Па); прочные — $\sigma_{сж} = 150 \div 500 \text{ кг/см}^2$ (1500–5000 Па); малопрочные — $\sigma_{сж} = 50 \div 150 \text{ кг/см}^2$ (500–1500 Па) и минимальные $\sigma_{сж} = 50 \text{ кг/см}^2$ (менее 500 Па). Нескальные грунты подразделяют на группы: крупнообломочные с содержанием частиц крупнее 2 мм более 50%; песчаные (сыпучие, несвязные грунты), у которых более 50% массы составляют частицы менее 2 мм и глинистые — связные, пластичные грунты.

Крупнообломочные и песчаные грунты в зависимости от гранулометрического состава делят на следующие виды.

Крупнообломочные: валунный грунт — 50% массы составляют частицы крупнее 200 мм; галечниковый (щебенистый) — 50% массы составляют частицы крупнее 10 мм; гравелистый — 50% составляют частицы крупнее 2 мм.

Песчаные: песок гравелистый — 25% массы составляют частицы более 2 мм; песок крупный — 50% массы составляют частицы размером более 0,5 мм; песок средней крупности — 50% массы составляют частицы размером более 0,1 мм; песок пылеватый — менее 75% массы составляют частицы размером 0,1 мм.

Важным показателем глинистых грунтов является величина пластичности, которую определяют как разницу между влажностью на границе текучести W_v и на границе раскатывания (пластичности) W_p . Пластичность выражают в сотых долях единицы:

$$I_p = W_v - W_p. \quad (2.1)$$

По величине пластичности глинистые грунты подразделяют на супеси — $I_p = 0,01 \div 0,07$; суглинки — $I_p = 0,07 \div 0,17$; глины — $I_p > 0,17$.

Грунты, содержащие более 60% растительных остатков, называют торфами. Объемная масса торфов не превышает $1,2 \text{ т/м}^3$. При содержании растительных остатков от 10 до 60% грунты называют заторфованными.

По трудности разработки грунты делят на пять категорий (табл. 2.2). Производственные нормы при земляных работах исчисляют по объему грунта в плотном теле [1].

Таблица 2.2

Категории грунтов в зависимости от трудности и способа разработки

Грунт	Объемная масса твердого тела, т/м ³	Способ разработки					
		экскаватором одноковшовым	экскаватором многоковшовым	скрепером	бульдозером	грейдером	ручной
Гравийно-галечниковый 80 мм	1,75	I	—	II	II	III	II
То же, до 80 мм	1,95	II	—	—	III	—	III
То же, цементированный (галька, песок, щебень)	1,9–2,2	IV	—	—	—	—	IV
Глина жирная	1,8	II	II	II	II	II	II
То же, с примесью щебня и гальки до 10%	1,75	II	II	II	III	III	III
То же, с примесями более 10%	1,9	III	—	II	II	—	III
То же, средняя карбонатная	1,95	III	—	II	III	III	III
То же, тяжелая, ломовая	1,95–2,15	IV	—	—	III	—	III
Растительный без корней и примесей	1,2	I	I	I	I	I	I
То же, с корнями	1,2	I	II	I	II	—	II
То же, с щебнем и мусором	1,4	I	II	I	II	—	II
Лёсс мягкий без примесей	1,6	I	II	I	I	I	I
То же, с галькой и гравием	1,6	I	II	II	I	II	II
То же, отвердевший	1,8	IV	—	II	III	—	III
Песок с примесями до 10%	1,6	I	II	II	II	II	I
Песок с примесями более 10%	1,7	I	—	II	II	—	II

Окончание табл. 2.2

Грунт	Объемная масса твердого тела, т/м³	Способ разработки					
		экскаватором одноковшовым	экскаватором многоковшовым	скрепером	бульдозером	грейдером	ручной
То же, барханный и дюнный	1,6	I	II	I	I	I	II
То же, отвердевший	1,8	III	—	—	III	III	IV
Суглинок, суглинок мягкий и лёссовидный чистый	1,3	I	I	I	I	I	I
Суглинок с примесями до 10%	1,7	I	II	I	I	I	I
То же, с примесями более 10%	1,75	II	—	II	II	—	II
Суглинок тяжелый с примесями до 10%	1,75	II	II	II	II	II	II
То же, с примесями более 10%	1,95	III	—	—	II	—	III
Супеси с примесями до 10%	1,65	I	II	II	II	II	I
То же, с примесями более 10%	1,85	II	—	II	II	—	II
Мусор строительный слежавшийся	1,8	II	—	—	II	—	—
Мусор строительный цементированный	1,9	III	—	—	III	—	III
Торф без корней	0,8–1	I	I	I	I	I	I
Торф с корнями до 30 мм	0,85–1,1	I	I	I	I	—	II
То же, более 30 мм	0,9–1,2	II	—	—	II	—	II
То же, отвердевший	1,2	II	II	II	II	III	III

Глава 3

ПРОИЗВОДСТВО ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ НА ОБЪЕКТАХ СТРОИТЕЛЬСТВА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭКСКАВАЦИОННОЙ И ЭКСКАВАЦИОННО- ТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКИ

3.1. ПОСТАНОВКА ВОПРОСА

Технология устройства выемок состоит из процессов разработки грунта с погрузкой в транспортные средства или с отсыпкой на бровку выемки, транспорта грунта, планировки дна и откосов выемки. Способ разработки выбирается в зависимости от объемов и сроков производства работ, категории грунта, параметров земляного сооружения. Разработку грунта обычно ведут комплексно механизированным методом, при котором ведущей является экскавационная машин. Кроме этого, для транспортирования грунта и выполнения других операций используют вспомогательные машины. В промышленном строительстве в качестве ведущей машины чаще всего применяют одноковшовый экскаватор, для транспорта грунта используют автосамосвалы и бульдозеры для разравнивания грунта и обратной засыпке пазух.

3.2. РАЗРАБОТКА ГРУНТА ОДНОКОВШОВЫМИ ЭКСКАВАТОРАМИ

3.2.1. Классификация одноковшовых экскаваторов и область их применения

Одноковшовые экскаваторы классифицируются по виду рабочего оборудования, области применения и ходовому оборудованию [3, 28, 43, 46].

Одноковшовый экскаватор представляет собой самоходную землеройную машину циклического действия, выполняющую опе-

рации по отделению грунта от массива, перемещению его к погрузке в транспортные средства или разгрузке в отвал. Область применения экскаватора зависит от вида рабочего оборудования, вместимости ковша, системы его привода, ходовой части.

Экскаваторы для строительных работ выпускают на гусеничном, пневмоколесном и шагающем ходу с вместимостью ковша от 0,15 до 4 м³. Экскаваторы на гусеничном ходу применяют при разработке сосредоточенных объемов грунта, не требующих частых перемещений выемочного оборудования. Гусеничный ход позволяет значительно снизить удельные давления на грунт и применять этот тип экскаваторов на слабых грунтах и скальных породах, при разработке которых пневмоходовая часть быстро выходит из строя. Экскаваторы на пневмоколесном ходу применяют как высокоомобильную технику при устройстве траншей и других выемок с малым объемом работ, не связанных с частой перестановкой оборудования.

Вместимость ковша экскаватора подбирают в зависимости от месячного объема работ: 0,15–0,3 м³ при объеме работ до 2 тыс. м³; 0,4–1,0 м³ — до 20 тыс. м³; 1–1,6 м³ — до 60 тыс. м³, 1,6–2,5 м³ — до 100 тыс. м³; 2,5 м³ и более — свыше 100 тыс. м³.

В зависимости от системы привода рабочего оборудования различают экскаваторы с механическим, гидравлическим и пневматическим приводами. Гидравлическая система привода позволяет обеспечивать высокую точность выполнения работ при устройстве выемок сложной конфигурации (табл. 3.1, 3.2, 3.3).

Корпорация «ОМЗ» предлагает к поставке несколько моделей, созданных на базе экскаваторов ЭКГ-5А и ЭКГ-12 (драйнов) (табл. 3.1.1)

В последние годы в России гидравлические экскаваторы находят все большее применение. Технические параметры базовых моделей отечественных гидравлических экскаваторов типа «прямая лопата» приведены в табл. 3.1.2 (рис. 3.4.1).

Гидравлические лопаты, выпускаемые рядом зарубежных фирм — «Хитачи», «Комацу» (Япония), «Катерпиллер», «Марион» (США), «Либхерр», «Терекс», «Демаг» (Германия и др. — характеризуются широким диапазоном технологических параметров (табл. 3.1.3, табл. 3.1.4).

Таблица 3.1

Показатели	Экскаваторы — механические лопаты								
	Э-652В, ЭО-411В, ЭО-4112	ЭО-10011Е, ЭО-5111ЕХЛ	ЭО-5111В	ЭО-6112В, (Э-1252В)	ЭО-7111 (Э-2503)	Э-2505 БХЛ-2	ЭКГ-3,2	ЭКГ-5А	ЭКГ-8И
Вместимость ковша, м ³	0,65; 0,8	1	1; 1,2	1,25	2,5; 3,2	2,5; 3,2	2,5; 3,2; 4	4,5; 6,3	6,3; 8; 10
Радиус черпания на уровне стояния, м	4,7	5	4,8	6,3	7,2	6,9	8,8	11,2	11,9
Максимальный радиус разгрузки, м	7,2	8,3	7,4	8,9	10,8	9,7	12	13,6	16,3
То же черпания, м	7,8	9,2	8,4	9,9	12	11	13,5	15,5	18,2
Максимальная высота черпания, м	7,9	6,5	8,2	7,8	9	10	9,8	11,0	12,5
То же разгрузки, м	5,6	5	6,1	5,1	6,4	7	6,1	7,5	9,1
Масса экскаватора, т	25,5	33,5	39,5	39,5	94	140	140	250	370
Установленная мощность двигателей, кВт	55—60	80	103	110	160	220	250	320	520
Продолжительность цикла (при угле поворога 90°), с	18	17	17	21	22	23	23,3	25	28

Таблица 3.2

Показатели	Экскаваторы типа «обратная лопата»												
	ЭО-331П	ЭО-321Д	Э-625Б (ЭО-411Б)	Э-1001Е; ЭО-511ЕХЛ	ЭО-511Б	ЭО-612Б (Э-125Б)	ЭО-3221	ЭО-412Б	ЭО-512А	ЭО-5124	ЭО-6123	ЭО-3323А	ЭО-4322
Вместимость основного ковша, м³	0,4	0,45; 0,5	0,65; 0,8	1	1; 1,2	1,4	0,4; 0,5; 0,63; 0,8	0,65; 1; 1,25	1,25; 1,6	2	1,6; 2,5	0,4; 0,5; 0,63; 0,8	1
Длина стрелы, мм	4900	5100	5500 (5900)	6200	7800				—				
Длина рукоятки, мм	2300	2500	3020	4910	3380		1900	2990/2900	2300	—	—	2885	3150
Наибольшая глубина копания, м:							4,76	5,8/6	9,9	6,21	7,2	4,62	5,85
траншей	4	5,02	5,8(6,9)	6,9	7,3				—				
котлована	2,6	—	4	6,1	6,1				—				
Наибольший радиус копания на уровне стояния, м	5,9	8,2	9,2 (10,16)	10,5	11,5		7,9	9,1/9,4	9,75	11,5	11,5	7,9	9
Наибольшая высота выгрузки, м	4,3	5,6	6,14	4,2	7,3		5,05	5/5	5,31	5,8	5,8	6,3	5,5
Наибольший радиус выгрузки, м	—	7	8,1 (8,05)	7,8	10,3		4,6	7,4/7,8	6,3	7,6	7,6	6,7	7,1
Мощность двигателя, кВт	37	37	55—60	80	103	110	55	95,7	1,25	2×76	55 или 73	55 или 73	73
Наибольшая скорость передви- жения, км/ч	16,9	2,9	3,1	2	1,5	3	2,5	2,5	2,4	1,5	1,5	19,5	5,5

Таблица 3.3

Показатели	Экскаваторы драглайны				
	ЭО-1001Е, ЭО-5111ЕХЛ	ЭО-5111Б	ЭО-7111 (Э-1252Б)	ЭО-7111 (Э-2503)	Э-2505 ЕХЛ-2
Вместимость ковша, м ³	12,5	1	1,25	2,5; 3	1,25; 1,5
Длина стрелы, м		15	12,5	17,5	25
Угол наклона стрелы, град		30; 45			25–35
Максимальный радиус черпания, м	13,5; 12	16; 14	14,3; 12,9	19,3; 17,5	27,4; 24,3
Максимальная глубина черпания, м	5,5; 4,4 9,4; 7,4	7,8; 5,7 10; 9,2	6; 5,2 9,5; 7,5	9,3; 6,5 13; 10,2	14; 12,5 20,5; 16,6
Максимальная высота разгрузки, м	4,1; 6,6	5,3; 8,4	4; 6,5	6,9; 10,5	10,3; 15,9
Максимальный радиус разгрузки, м	10,2	12	10,4	14	19,3
Масса экскаватора, т	33,7		39,5		87
Продолжительность цикла (при угле поворога 135°), с	23		24		32
Установленная мощность двигателей, кВт	80	103	110	160	220

Примечание. В числителе — максимальная глубина черпания при боковом проходе; в знаменателе — при концевом проходе.

По виду выполняемых работ строительные экскаваторы являются универсальными или полуниверсальными машинами со сменным рабочим оборудованием. Конструкция универсального экскаватора позволяет использовать его с 3–4 видами рабочего сменного оборудования: прямая лопата (рис. 3.1), обратная лопата (рис. 3.2), драглайн (рис. 3.3), грейфер и др.

Экскаваторы, оборудованные прямой лопатой, применяют для разработки грунта, расположенного выше уровня стояния экскаватора — в котлованах, карьерах и отвалах грунта. При наличии грунтовых вод в забое их необходимо отводить или понижать. Экскаваторами с обратной лопатой разрабатывают грунт ниже уровня своего стояния при устройстве небольших котлованов для отдельно стоящих и ленточных фундаментов и траншей для укладки инженерных коммуникаций. Обратная лопата с гидравлическим приводом (рис. 3.4) позволяет разрабатывать грунт в непосредственной близости с существующими зданиями и действующими коммуникациями. Экскаваторы, оборудованные драглайном, так же, как и обратные лопаты, применяют для разработки грунта ниже уровня стояния при устройстве больших и глубоких котлованов, каналов, широких траншей, вертикальной планировке, возведении насыпей и дру-

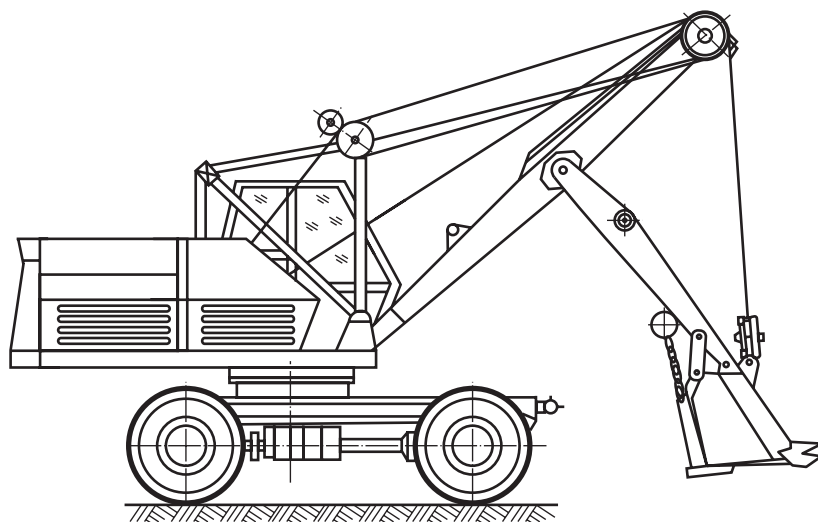


Рис. 3.1. Экскаватор ЭО-3311Г с прямой лопатой

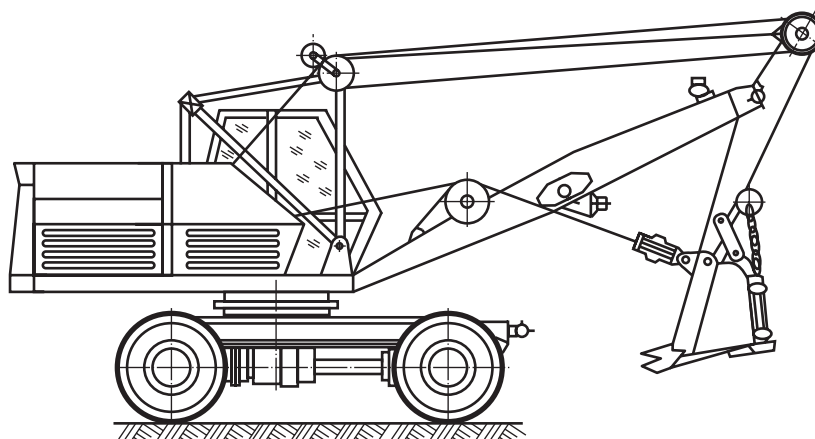


Рис. 3.2. Экскаватор ЭО-3311Г с обратной лопатой

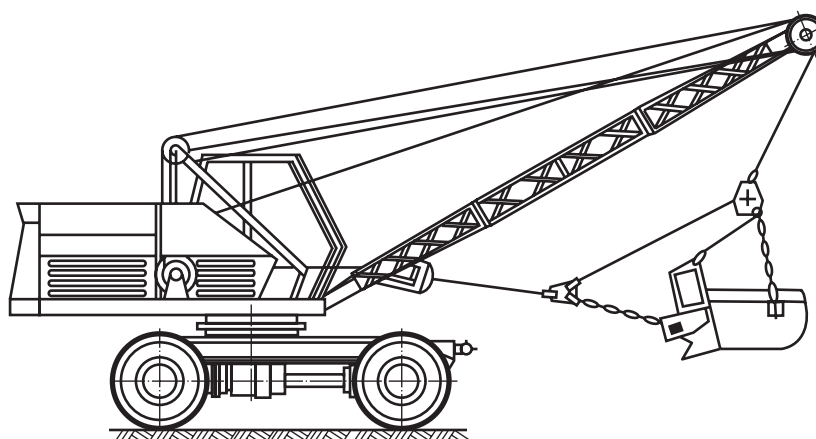


Рис. 3.3. Экскаватор ЭО-3311Г с драглайном

гих земляных работах. Их используют в забоях со значительным притоком грунтовых вод. Недостатком драглайнов является малое значение усилия резания на кромке ковша. Для повышения производительности драглайнов плотные грунты при разработке необходимо предварительно рыхлить. Экскаваторы, оборудованные грейфером, применяют для рытья колодцев, узких и глубоких котлованов, при погрузке сыпучих грузов. Основные технические параметры универсальных строительных экскаваторов приведены в табл. 3.1 и 3.2.

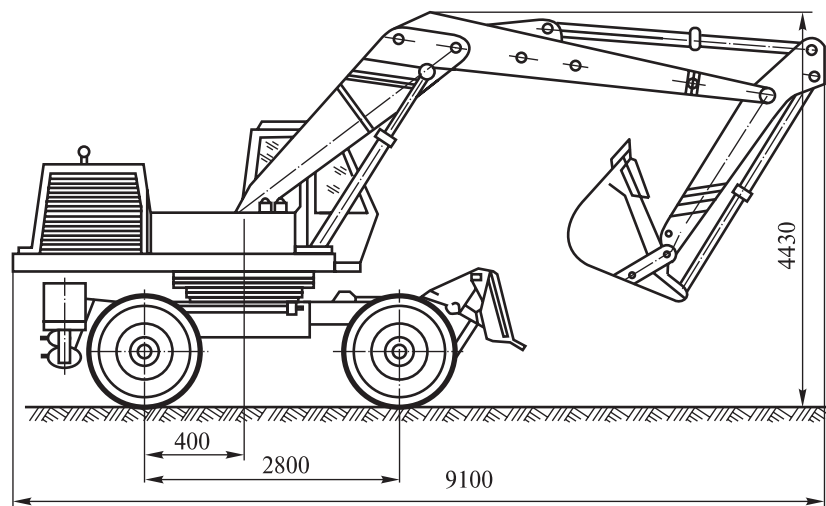


Рис. 3.4. Экскаватор ЭО-4321

При разработке грунта экскаваторами с погрузкой в транспортные средства комплектование машин для производства земляных работ производят исходя из следующих условий: число машин и обслуживающего персонала должно быть минимальным при наиболее простой организации труда и обеспечении высоких технико-экономических показателей, необходимо

Таблица 3.4

Показатели	ЗИЛ-130	МАЗ-503А	КамАЗ-5511	БелАЗ-540А	БелАЗ-548А
Грузоподъемность, т	4,5	7	10	12	27
Вместимость кузова, м ³	3,0	4	6,5	8	15
Максимальный радиус разворота, м	7,8	7,5	8,2	10,5	11,5
Высота до верха борта, м	2,14	2,15	2,0	2,59	4,3
Рекомендуемая вместимость ковша экскаватора, м ³	0,35–0,65	0,65–1,25	0,65–2	1,25–2	3–4
Время маневров при погрузке, мин	1	1,33	1,5	2	2
То же, при разгрузке, мин	1,2	1,9	0,2	1,3	2

Таблица 3.1.1

**Основные технологические параметры драглайнов
на гусеничном ходу**

Параметры	ЭДГ- 3,2.30	ЭДГ- 3,2.30А*	ЭДГ- 4.25	ЭДГ- 3.25А*	ЭДГ- 8.55
Вместимость ковша, м ³	3,2	3,2	4	4	8
Длина стрелы, м	30	30	25	25	55
Глубина черпания, м	15	15	15	15	27,5
Радиус черпания и разгрузки, м	28,9	28,9	24,5	24,5	51,6
Высота разгрузки, м	10,65	10,65	8,15	8,15	24,5
Продолжительность рабочего цикла (при повороте на 120°), с	42	42	42	42	50
Рабочая масса, т	186	196	186	196	630
Ширина гусеничной ленты, м	1,1	1,4	1,1	1,4	1,8
Среднее удельное давление на грунт, МПа	0,154	0,127	0,154	0,127	0,225
Теоретическая производительность, м ³ /ч	270	270	340	340	520
* Модификация с пониженным удельным давлением на грунт.					

Таблица 3.1.2

**Технологические параметры гидравлических экскаваторов
отечественного производства**

Показатели	Прямые лопаты				Обратные лопаты			
	ЭГ- 110	ЭГ- 150	ЭГ- 350	ЭГ- 550	ЭГО- 110	ЭГО- 150	ЭГО- 350	ЭГО- 550
Вместимость основного ковша, м ³	5,4	12	18	22	4	9	15	22
Высота черпания, м	11,3	13,5	16	21	14,5	14,2	16,7	18
Глубина черпания, м	1,5	1,8	2,0	2,0	9	9,3	12	14
Радиус черпания, м	9,9	13,6	16	21	15,1	16	21,8	25
Длина планируемого участка, м	4—5	5,6	7,0	8,4	—	—	—	—
Высота разгрузки, м	6,45	9,8	13	16	8,2	10,3	12,5	14
Усилие копания, кН	390	690	1280	1700	390	640	1080	1470
Продолжительность рабочего цикла, с	23	24	26	28	23	24	26	28
Рабочая масса, т	105	150	350	550	105	150	350	550

Технологические параметры гидравлических экскаваторов фирмы «Либхерр»

Параметры	R-974B	R-984C	R-9250	R-9350	R-995	R-996	R-9800
Вместимость ковша, м ³	$\frac{4,4-6,5}{2-6,2}$	$\frac{5,7-10,5}{2,9-10}$	$\frac{13-17}{13-17}$	$\frac{15,3-18}{15,3-18}$	$\frac{24-26,5}{24-26,5}$	$\frac{29-34}{29-34}$	$\frac{38-42}{38-42}$
Максимальная высота черпания, м	12/16,3	12,5/16	16,3/15,2	18/15,2	19,3/18	20/16,5	19,8/16
Максимальная глубина черпания, м	3,2/13,3	3,8/14,5	3,8/8,8	3,8/9,7	4,3/8,8	3,4/8,9	3,2/9
Максимальный радиус черпания, м	10,2/18,5	11,2/20,1	13,7/16	14,5/17	16,1/18,5	16,3/21	17,4/21,2
Максимальная высота разгрузки, м	8/11	8,9/11	11/11	11,2/10,2	12,8/10,5	12,9/10,5	13/10,9
Усилие копания, кН	460/445	550/550	935/859	1060/1020	1400/1400	1905/1670	2400/1920
Скорость передвижения, км/ч	4,4	2,9	2,7	3,0	2,7	2,2	2,3
Рабочая масса, т	84/106	118/125	250/253	302/310	441/450	659/672	793/804

Примечание. В числителе — прямая лопата, в знаменателе — обратная лопата.

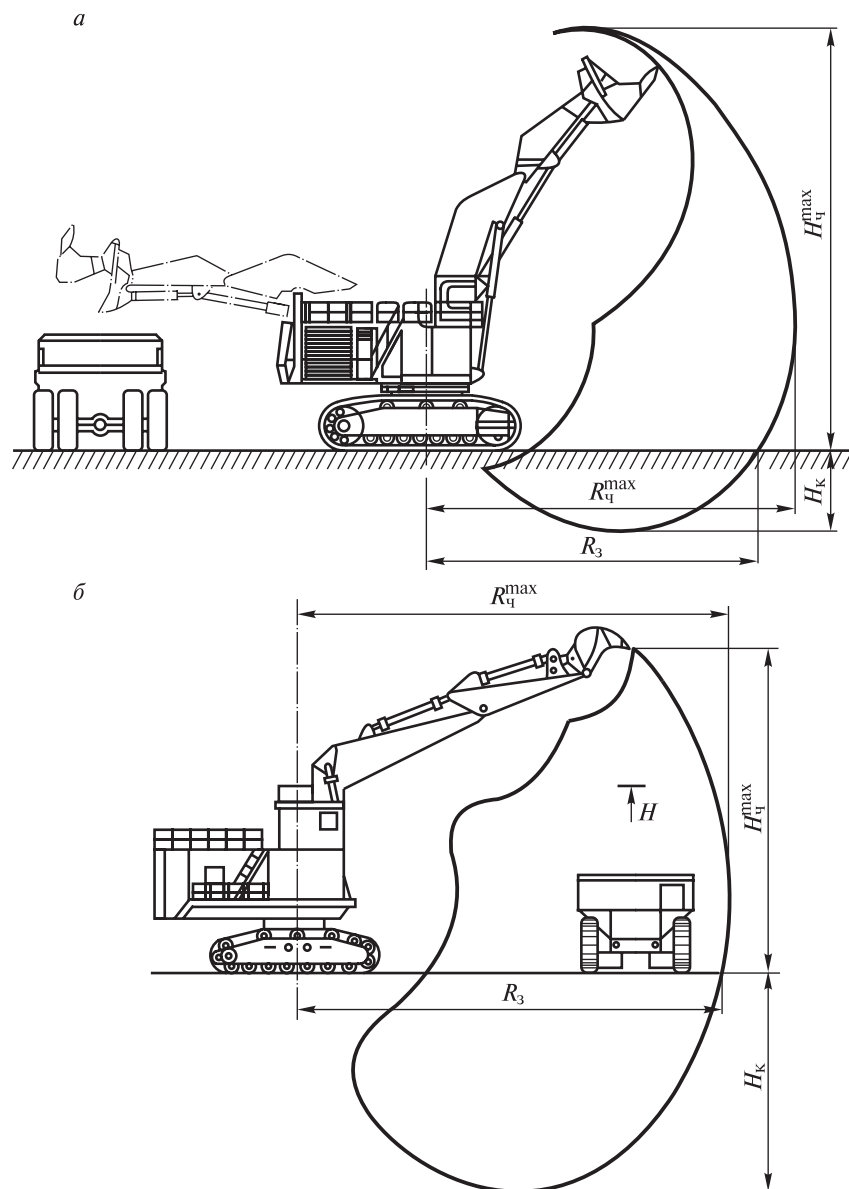


Рис. 3.4.1. Конструктивная схема и контуры рабочей зоны гидравлических экскаваторов «прямая лопата» (*a*) и «обратная лопата» (*б*)

Таблица 3.1.4

Гидравлические экскаваторы «Катерпиллер»



Модель	Мощность двигателя, л.с.	Эксплуатационная масса, т	Вместимость ковша, м ³
M315D	137	16,1	0,38–1,26
M318D	169	18,2	0,38–1,26
319DLN	126	19,76	0,41–1,35
320DL	140	21,75	0,45–1,5
323D	150	23,25	0,41–1,7
329DL	207	29,24	0,54–2,0
336DL	270	36,3	0,7–2,2
345DL	385	49,61	0,73–2,0
374 D	411	71,13	3,8–4,6
390D	530	86,2	3,9–6,0

использовать универсальные машины, оснащенные сменным рабочим оборудованием, состав комплекта машин должен обеспечивать непрерывную работу и максимальную производительность ведущей машины (экскаватора), производительность каждой комплектующей машины должна быть на 10–15% больше эксплуатационной производительности ведущей машины, оптимальное соотношение вместимости ковша экскаватора и кузова самосвала должно быть 1:4, 1:5.

Основные технологические параметры автосамосвалов, применяемых при транспортировании грунта на строительных объектах, приведены в табл. 3.4.

3.2.2. Технология производства экскаваторных работ

1. Экскаваторы, оборудованные прямой лопатой. Основные виды забоев для экскаваторов, оборудованных прямой лопатой, — боковой и лобовой (тупиковый) [3, 46].

Так как прямая лопата используется при разработке котлованов и широких траншей преимущественно с погрузкой грунта в транспортные средства, то организация разработки грунта боковыми проходками позволяет наиболее полно использовать рабочие параметры экскаваторов и повысить их выработку за счет уменьшения угла поворота стрелы при разгрузке.

Лобовым (тупиковым) забоем, как правило, разрабатываются пионерные траншеи и первые проходки, а также узкие котлованы, размеры сторон которых не превышают $B \leq 3,5R$, где R — наибольший радиус резания.

В зависимости от ширины лобовой проходки экскаватор в забое может передвигаться по прямой линии ($B \leq 2R$), зигзагом ($2R < B < 3R$) или поперек котлована при $B \geq 3R$ (рис. 3.5, а–в, 3.6).

Длина рабочей передвижки экскаватора при любой схеме $l_{\text{п}} \approx 0,75B$, где B — длина рукояти.

Оптимальная высота забоя для прямой лопаты равна вертикальному расстоянию от уровня стоянки экскаватора до уровня напорного вала, умноженному на коэффициент 1,2.

Наибольшая высота забоя с целью предотвращения образования нависающих козырьков из грунта должна быть не больше максимальной высоты резания экскаватора H_p , за исключением сыпучих грунтов (щебень, крупнозернистый песок), для которых наибольшая высота забоя допускается равной $1,2H_p$.

При значительных размерах устраиваемого котлована ($B > 3,5R$) рекомендуется применять боковые проходки (рис. 3.7, 3.8).

При устройстве котлована экскаватор грузит грунт в транспортные средства, которые располагают у него сбоку, параллельно оси его движения.

Применение боковых проходок позволяет одновременно с устройством котлована вести общестроительные работы (доработка до проектных отметок, бетонирование фундаментов) на готовых участках, чего нельзя достичь при тупиковой схеме.

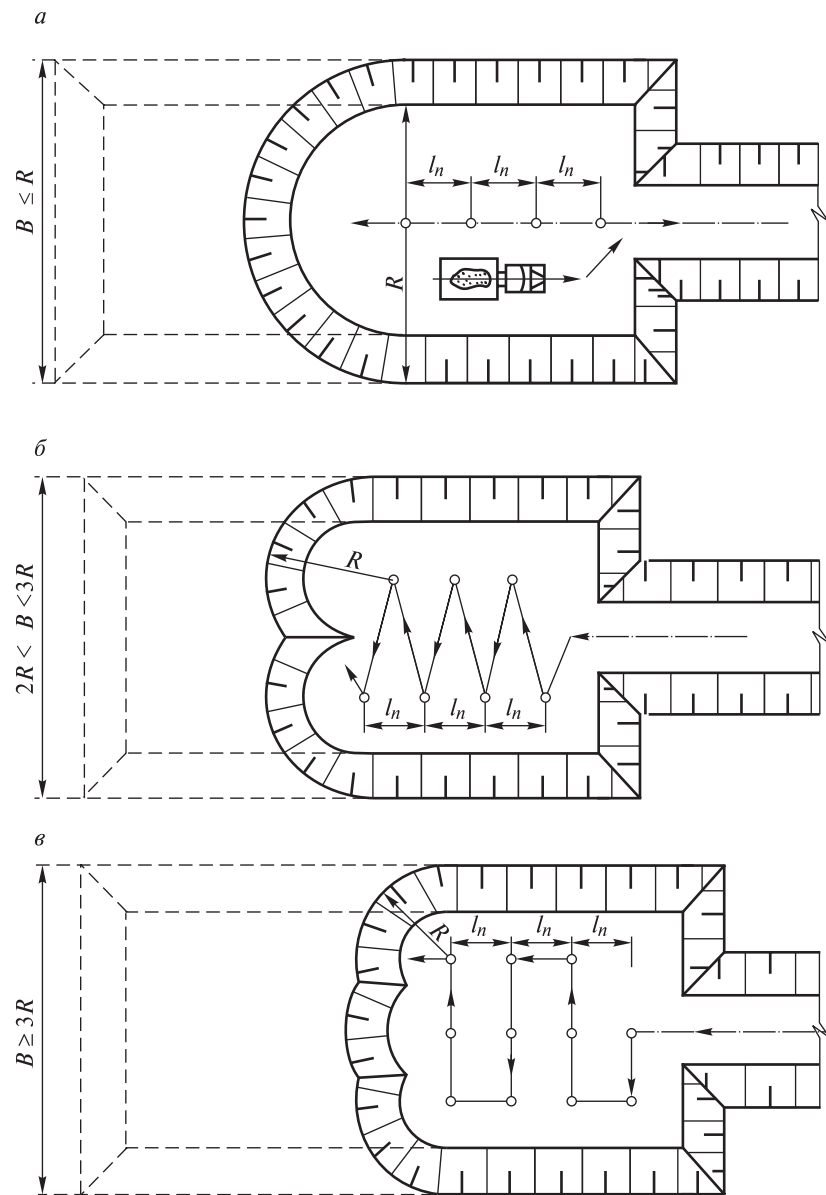


Рис. 3.5. Схема устройства котлована лобовой проходкой с перемещением экскаватора по прямой линии (*a*), зигзагом (*б*) и поперек (*в*) котлована

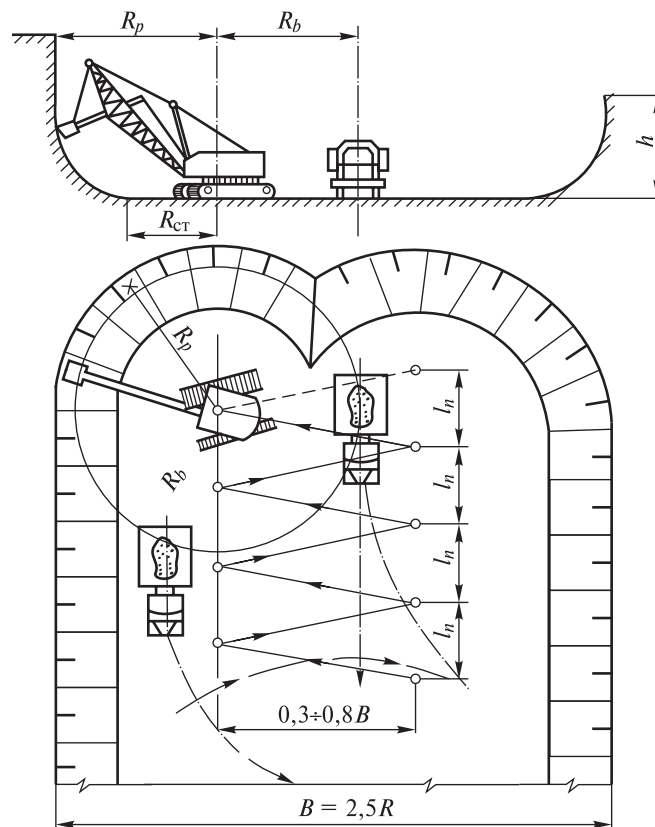


Рис. 3.6. Схема забоя при устройстве котлована лобовой проходкой экскаватором, оборудованным прямой лопатой

Преимущество этого способа также и в том, что экскаватор движется по прямой без поворотов, а значит, в меньшей степени изнашивается ходовая часть и сокращается время на передвижение. При такой схеме разработки можно также заранее подготовить временные транспортные пути и не прекращать работу при любых погодных условиях.

При разработке лобовым забоем устройство временных подъездных дорог под экскаватор возможно только по мере его передвижения, что нецелесообразно.

Устройство котлована экскаваторами, оборудованными прямой лопатой, начинают с пионерной траншеи лобовой

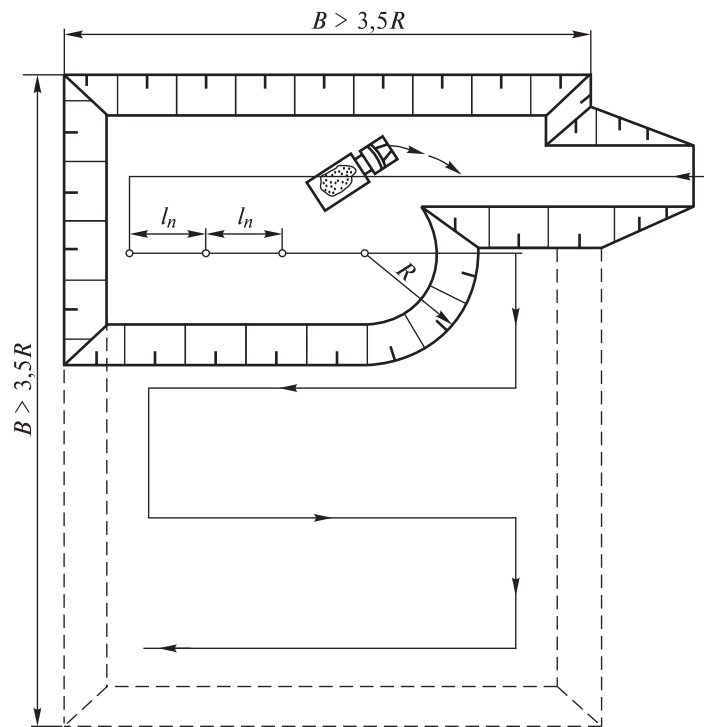


Рис. 3.7. Схема устройства котлована боковой проходкой экскаватором, оборудованным прямой лопатой

проходкой. При устройстве котлована боковыми проходками желательно устраивать въезд и выезд для движения транспорта по кольцевой схеме.

2. Экскаваторы, оборудованные обратной лопатой или драглайном. Основные виды забоев для экскаваторов, оборудованных обратной лопатой или драглайном, — лобовой (тупиковый) и боковой, которыми разрабатываются котлованы и карьеры.

Экскаваторы с обратной лопатой используют преимущественно для разработки грунта в траншеях в отвал, в небольших котлованах под отдельно стоящие фундаменты и др. (рис. 3.9, 3.10).

Конструктивные особенности устройства оборудования драглайна (гибкая подвеска ковша, длинная стрела и др.) позволяют при разработке грунта с погрузкой в транспорт применять поперечно-челночный и продольно-челночный способы.

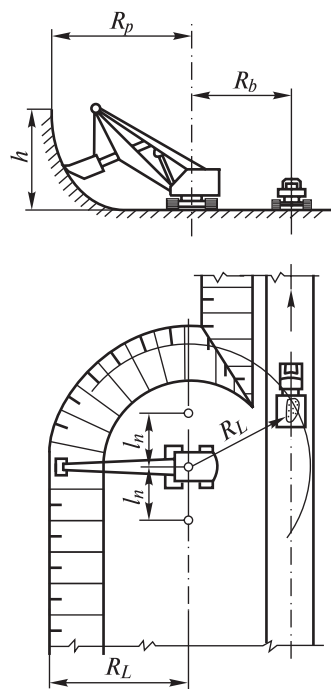


Рис. 3.8. Схема забоя при устройстве котлована боковой проходкой экскаватором, оборудованным прямой лопатой

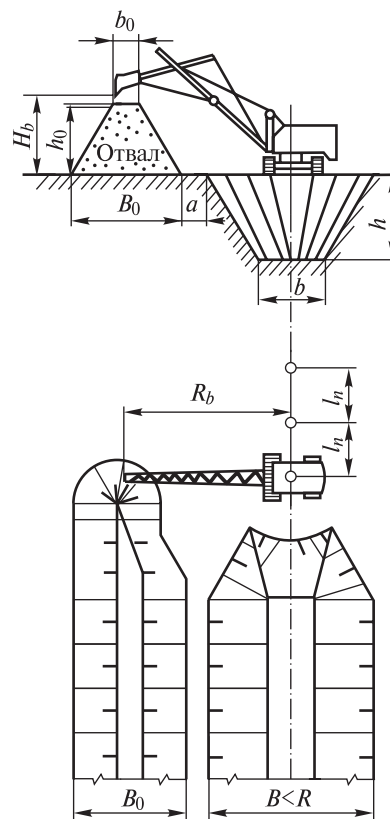


Рис. 3.9. Схема забоя при устройстве траншеи экскаватором, оборудованным обратной лопатой

При поперечно-челночном способе автосамосвалы подают под погрузку попарно одновременно или с небольшими интервалами и под равными углами к оси экскаваторной проходки.

Разработка грунта ведется симметрично и поочередно с обеих сторон стоящих под погрузкой автосамосвалов. При этом возвратные повороты платформы экскаватора сводятся к минимуму, производительность работы экскаватора и транспорта повышается. При продольно-челночном способе разработки погрузка производится со стороны заднего борта автосамосвала. Ковш экскаватора при этом совершает возвратно-поступатель-

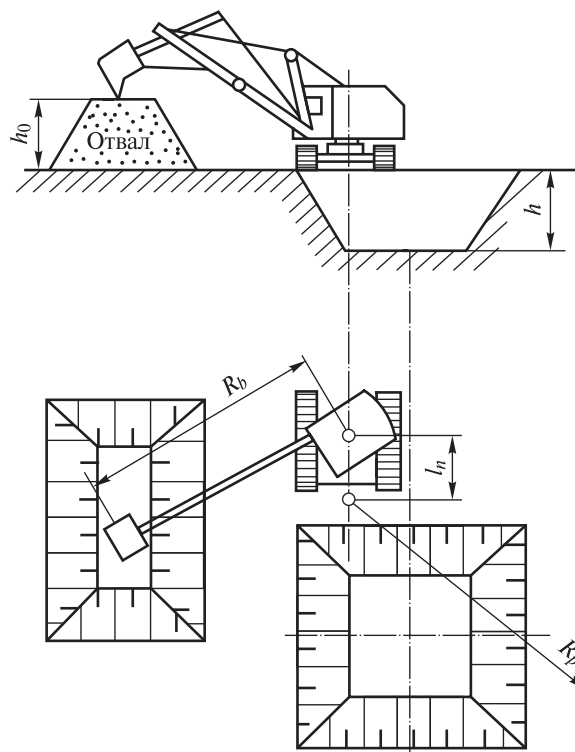


Рис. 3.10. Схема устройства котлованов под отдельно стоящие фундаменты экскаватором, оборудованным обратной лопатой

ные движения, а платформа не поворачивается. Этот способ требует большого мастерства экскаваторщика.

Экскаваторы, оборудованные обратной лопатой и драглайном, могут также передвигаться вдоль котлована, зигзагом и поперек котлована (рис. 3.11, а–в).

Проходка траншеи экскаваторным драглайном приведена на рис. 3.12.

Поперечное сечение траншеи с двухсторонним отвалом изображено на рис. 3.13.

Экскаватор будет передвигаться зигзагом с выгрузкой грунта в двухсторонний отвал.

Ширина основания отвала грунта b при угле естественного откоса $\alpha = 45^\circ$ может быть определена из выражения

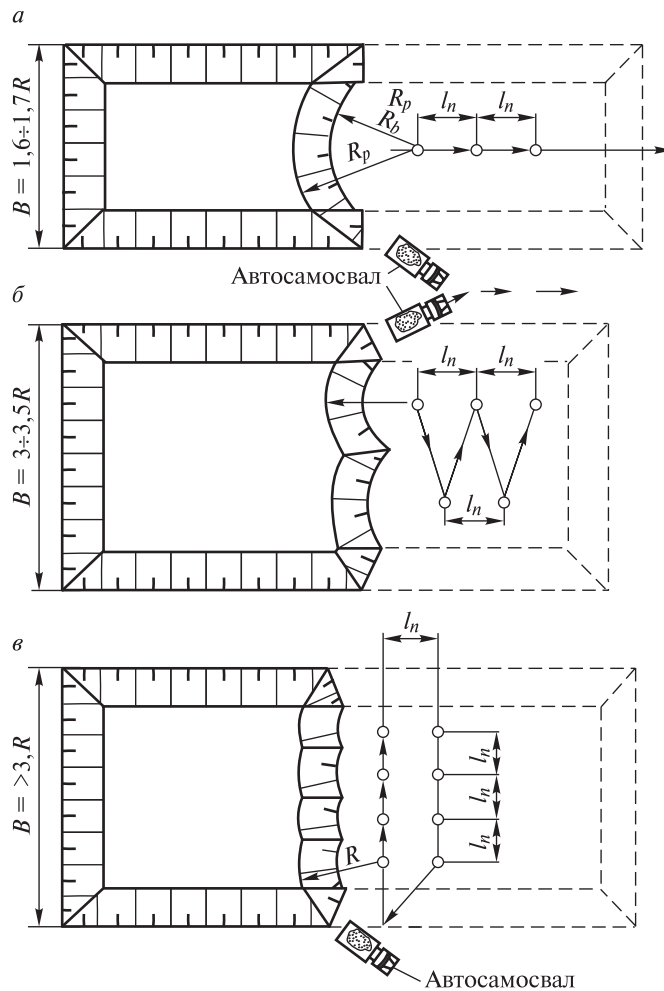


Рис. 3.11. Схема устройства котлована торцевой проходкой с перемещением экскаватора, оборудованного обратной лопатой, вдоль котлована (а), зигзагом (б) и поперек (в) котлована

$$b = 2\sqrt{F_{\text{тр}} k_{\text{пр}}},$$

где $F_{\text{тр}}$ — площадь поперечного сечения траншеи; $k_{\text{пр}}$ — коэффициент первоначального разрыхления грунта.

Допустимая ширина траншеи по верху E при разработке траншеи в двухсторонний отвал определяется по формуле

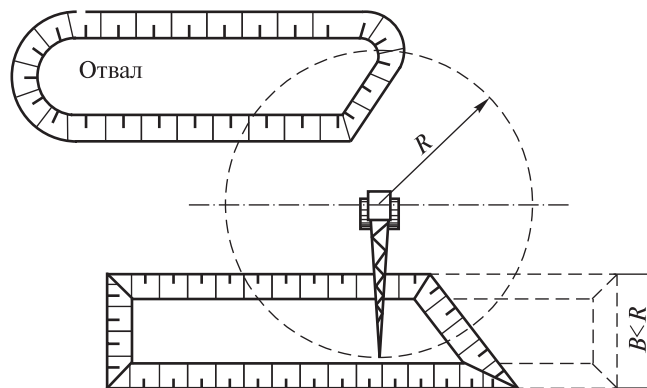


Рис. 3.12. Схема устройства траншеи при поперечной (боковой) проходке экскаватора-драглайна

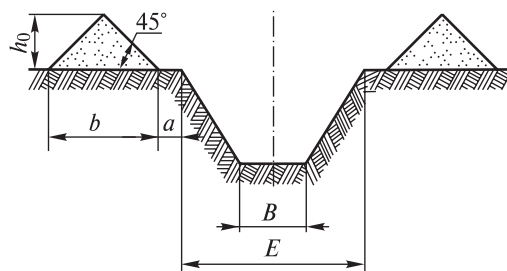


Рис. 3.13. Схема поперечного сечения траншеи

$$E = \frac{2(R - a)h_0 + k_{\text{пр}}}{k_{\text{пр}} + h_0}.$$

где h_0 — высота отвала.

Высота отвала принимается на 0,3–0,4 м меньше высоты выгрузки, указанной в паспорте экскаватора.

Коэффициенты первоначального разрыхления грунтов следующие:

Глина:	
ломовая	1,28–1,32
мягкая жирная	1,24–1,3
сланцевая	1,28–1,32
Растительный грунт	1,2–1,25
Лёсс:	
мягкий	1,18–1,24
отвердевший	1,24–1,3

