

## Лекция 4 (продолжение)

### 2.6. Механический способ разработки грунта.

#### 2.6.1. Разработка грунта одноковшовыми экскаваторами (ЭО);

2.6.1.1. Разработка грунта ЭО с прямой лопатой;

2.6.1.2. Разработка грунта ЭО с обратной лопатой;

2.6.1.3. Экскаватор с рабочим оборудованием «драглайн»

2.6.1.4. Экскаватор с рабочим оборудованием «грейфер»

## 2.6. Механический способ разработки грунта

Основным способом выполнения земляных работ является механизированная переработка грунта. Грунт разрабатывается, перемещается, укладывается, разравнивается, уплотняется с помощью землеройных и землеройно-транспортных машин, оснащённых соответствующим рабочим оборудованием. Выбор количества, типов и марок машин зависит от пространственной формы и геометрических параметров земляных сооружений, грунтовых и гидрологических условий строительной площадки, проектных сроков производства работ.

Производство земляных работ в общем случае состоит из трёх процессов: разработка выемки (является ведущим процессом разработки грунта), транспортирование грунта, отсыпка насыпи.

При механическом способе разработки действуют усилия резания или скалывания грунта рабочими органами различных машин. В результате определённые порции грунта отделяются от массива и могут быть перемещены.

**При разработке способом резания  
применяют машины**

**землеройные**

— экскаваторы, канавокопатели отрывают грунт ножом ковша, отсыпают его в отвал или бункеры транспорта, располагаемые в непосредственной близости от землеройной машины

**землеройно-транспортные**

— скреперы и бульдозеры предназначены для разработки грунта в выемке, транспортирования его и отсыпки в насыпи. Эти машины обеспечивают полную механизацию всего комплексного процесса производства.

**землеройно-планировочные**

— прицепные и самоходные грейдеры и бульдозеры предназначены для разработки, перемещения и планирования грунта.

Рис. 1

В зависимости от выполняемых технологических процессов машины для земляных работ можно разделить на следующие группы:

→ экскаваторы

→ землеройно-транспортные машины

→ погрузчики

→ машины для уплотнения грунта

→ машины и оборудование для разработки мерзлых грунтов

→ машины и оборудование для подготовительных работ

→ машины и оборудование для бурения скважин

→ машины для гидромеханической разработки грунта

→ машины для транспортировки грунта

Эффективной формой механизированного способа производства земляных работ является комплексная механизация. Основным принципом комплексной механизации заключается в том, что все машины, занятые на выполнении процессов и операций, должны соответствовать друг другу своими технико-экономическими и технологическими параметрами. В этом случае вводится понятие комплекта (системы) машин, а весь производственный процесс называют *комплексно-механизированным технологическим процессом* производства земляных работ.

Примерно 97 % всех работ при устройстве земляных сооружений комплексно механизированы, т. е. при выполнении процесса полностью исключается ручной труд. В качестве примера, на рис. 2 приведены схемы комплексной механизации работ при отсыпке тела земляной плотины.

Грунт разрабатывается в карьере экскаватором с погрузкой в автосамосвалы (рис. 3, *а*), транспортируется на расстояние  $L$ , разгружается после подъёма кузова, разравнивается бульдозерами и уплотняется катками (рис. 3, *б*, *в*).

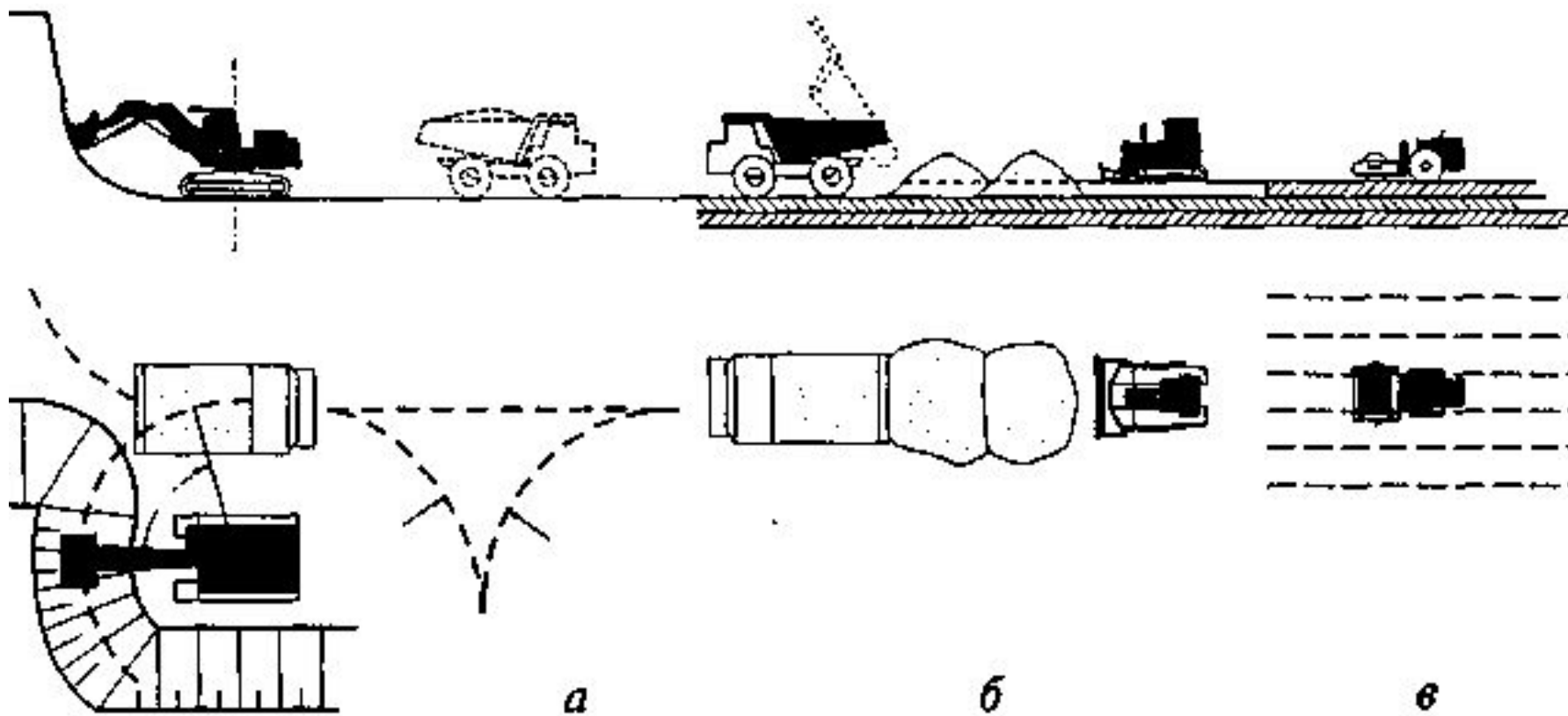


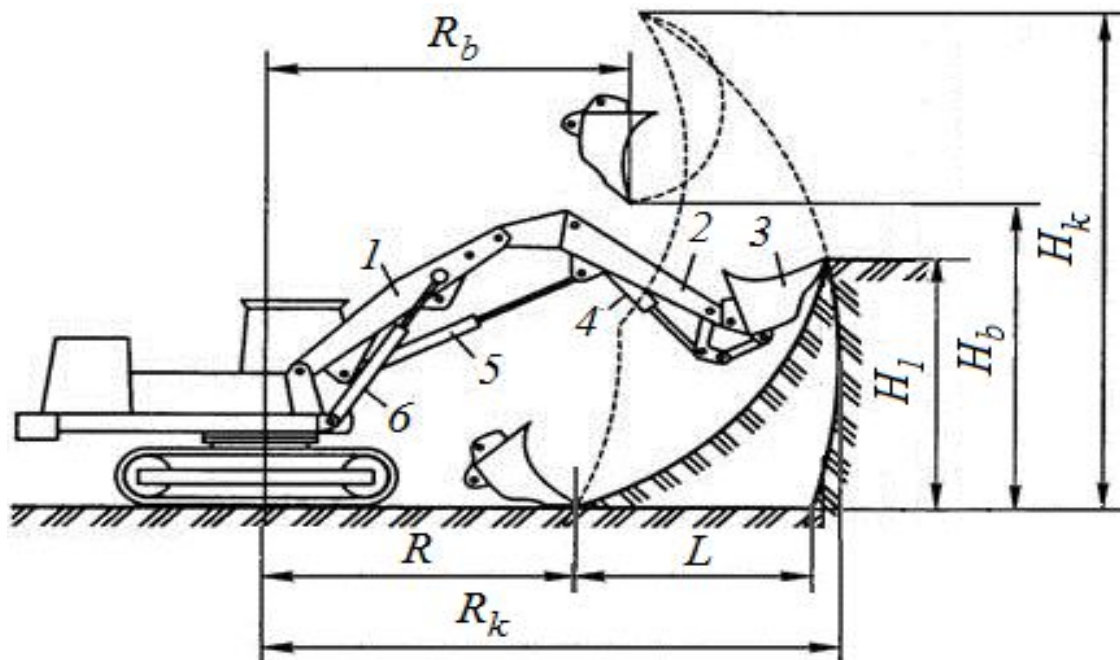
Рис. 3. Схемы комплексной механизации земляных работ: *а* – разработка и транспортирование; *б* – разгрузка и разравнивание; *в* - уплотнение

### 2.6.1. Разработка грунта ЭО

ЭО относятся к машинам циклического действия. Главный параметр ЭО – вместимость ковша, м<sup>3</sup>. Основные технологические параметры: глубина (высота) копания, максимальный радиус копания, высота погрузки. В строительстве работают экскаваторы восьми размерных групп, имеющие вместимость ковша 0,15...4,0 м<sup>3</sup>. Наибольшее распространение находят экскаваторы 4-й и 5-й групп (вместимость ковша 0,65 и 1 м<sup>3</sup>).

Строительные экскаваторы выпускают на гусеничном и пневмоколёсном ходу. Среди всех типов универсальных экскаваторов гусеничные машины занимают ведущее место, так как не имеют ограничения по массе по сравнению с колёсными экскаваторами. Большинство ЭО могут быть оснащены различными видами сменного рабочего оборудования (до 40 видов).

Наиболее распространёнными видами рабочего оборудования являются прямая и обратная лопаты, грейфер и драглайн (рис. 4, 5, 6, 7).



1 – стрела,  
 2 – рукоять,  
 3 – ковш,  
 4, 5, 6 – гидроцилиндры

Рис. 4. Схема рабочих параметров гидравлического экскаватора с прямой лопатой и профиля забоя





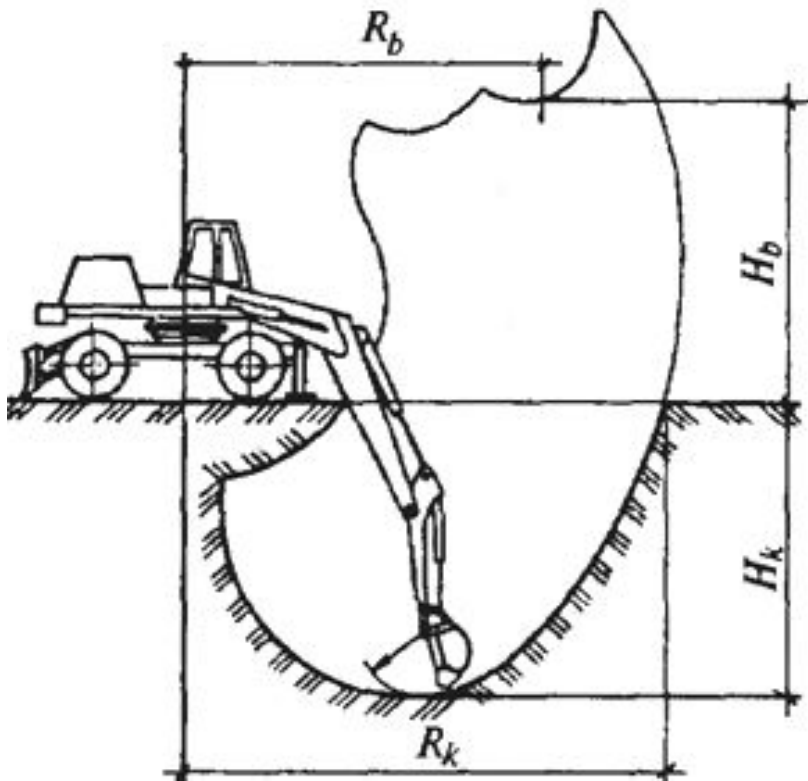


Рис. 5. Схема рабочих параметров гидравлического экскаватора с обратной лопатой и профиля забоя



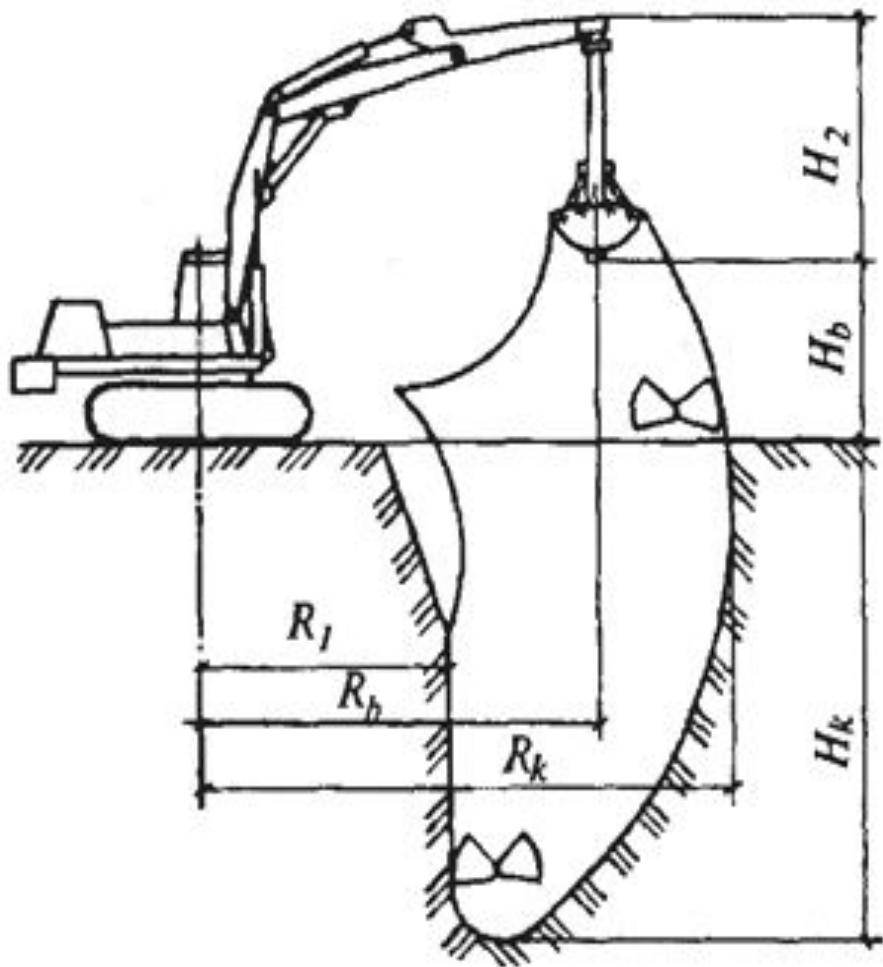


Рис. 6. Схема рабочих параметров грейфера и профиля забоя



Самостроитель.assol.promi.

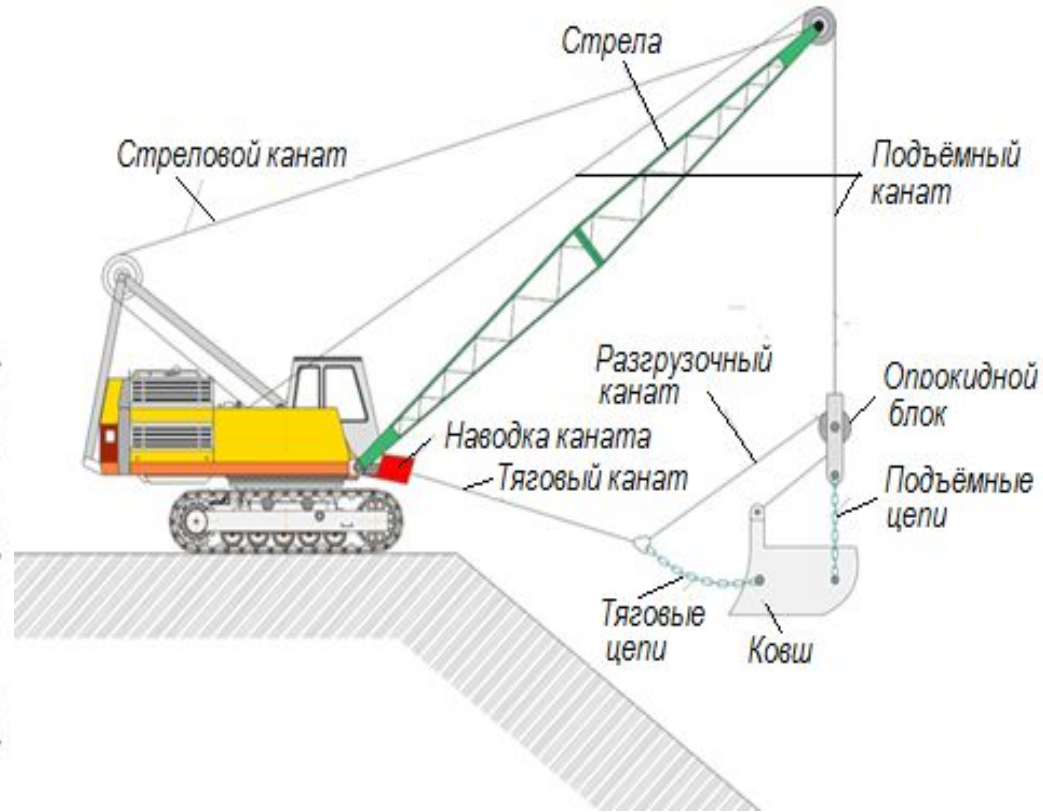
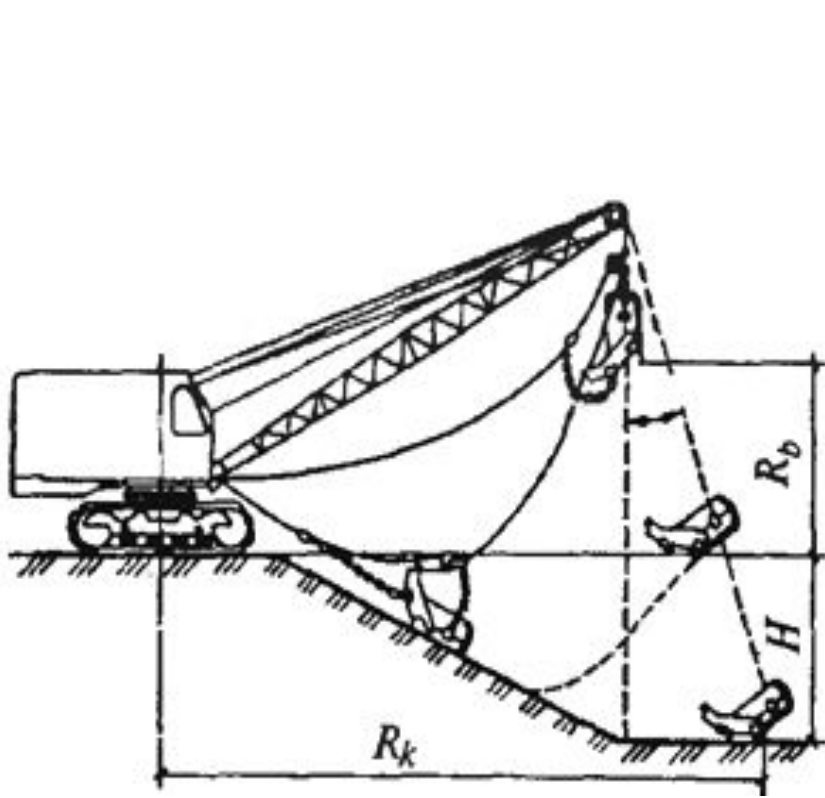


Рис. 7. Схема рабочих параметров драглайна и профиля забоя



ЭО - машина *циклического действия*, процесс разработки грунта при любом виде рабочего оборудования складывается из чередующихся в определённой последовательности операций отдельного цикла:

- 1) резание грунта и заполнение ковша;
- 2) подъём ковша с грунтом;
- 3) поворот экскаватора вокруг оси к месту выгрузки;
- 4) выгрузка грунта из ковша;
- 5) обратный поворот экскаватора;
- 6) опускание ковша на грунт и подача его для резания грунта.

Основное назначение экскаваторов - разработка выемок, резервов, карьеров, траншей, котлованов с разгрузкой грунта в отвал или погрузкой в транспортные средства. Предельные размеры выемок, которые могут быть разработаны одноковшовым экскаватором с одной стоянки, зависят от его рабочих параметров. Рабочими параметрами одноковшовых экскаваторов при разработке выемок являются (см. рис. 4, 5, 6, 7): максимально возможная высота копания +  $H$  (для экскаватора прямая лопата рис.4) - знак + показывает, что экскаватор копает выше своей стоянки; глубина копания (резания) -  $H$  (знак минус для других типов экскаваторов); наибольший и наименьший радиусы копания на уровне стоянки экскаватора  $R_{max}$  и  $R_{min}$ ; радиус выгрузки  $R_b$ ; высота выгрузки  $H_b$ .

Разработку грунта экскаватором ведут позиционно. Рабочая площадка экскаватора называется **забоем**.

**Забой** - рабочая зона экскаватора, включающая площадку, где расположен экскаватор; часть разрабатываемого массива грунта; места установки транспортных средств; площадку для укладки разрабатываемого грунта (при работе в отвал).

По окончании разработки грунта в данном забое экскаватор перемещается на новую **позицию**.

Экскаватор и транспортные средства должны быть расположены в забое таким образом, чтобы среднее значение угла поворота экскаватора от места заполнения ковша до места его выгрузки было минимальным, так как поворот стрелы осуществляется дважды - с грузом до транспортного средства и после выгрузки, то время поворота в среднем составляет до 70% рабочего времени одного цикла экскаватора.

В зависимости от условий строительной площадки выбор экскаватора начинают с определения наиболее целесообразных вместимости ковша и типа экскаватора, а также требуемых параметров - длины стрелы, радиуса резания, выгрузки и др.

Выбор сменного оборудования экскаватора зависит от уровня грунтовых вод и характера разрабатываемой выемки (траншеи, узкий или широкий котлован).



# Карьерный экскаватор



Экскаватор с прямой лопатой используют для разработки грунтов, расположенных выше уровня стоянки экскаватора, преимущественно с погрузкой на транспорт. Его широко применяют в карьерах, в строительстве используют для погрузки в транспортные средства ранее собранного в кучи (сгуртованного) грунта или для отрывки котлованов.

Прямая лопата представляет собой открытый сверху ковш с режущим передним краем. Конструкция экскаватора позволяет ковшу копать ниже уровня своей стоянки не более чем на 10...20 см, нормативная производительность может быть достигнута при высоте забоя не менее 1,5 м. Опорожняется ковш путём открытия его днища.

Процесс выемки грунта осуществляется **лобовыми** и **боковыми забоями**.

В лобовом забое экскаватор разрабатывает грунт впереди себя и отгружает его на транспортные средства, которые подают к экскаватору по дну забоя. В зависимости от ширины проходки лобовые забои подразделяют на **узкие** (ширина проходки менее 1,5 размера оптимального радиуса резания  $R_0$  ;  $R_0 = 0,9(R_{max})R_{max}$  , **нормальные** [ширина  $(1,5...1,9)R_0$  ] и **уширенные** [ширина  $(2...2,5)R_0$  ] .



При узких забоях (рис. 8, *а*) самосвалы подают с одной стороны сзади экскаватора, а при нормальных (рис. 8, *б*) – с обеих сторон экскаватора попеременно, что исключает простои экскаватора при смене транспортных единиц. Экскаватор перемещается прямолинейно по оси забоя.

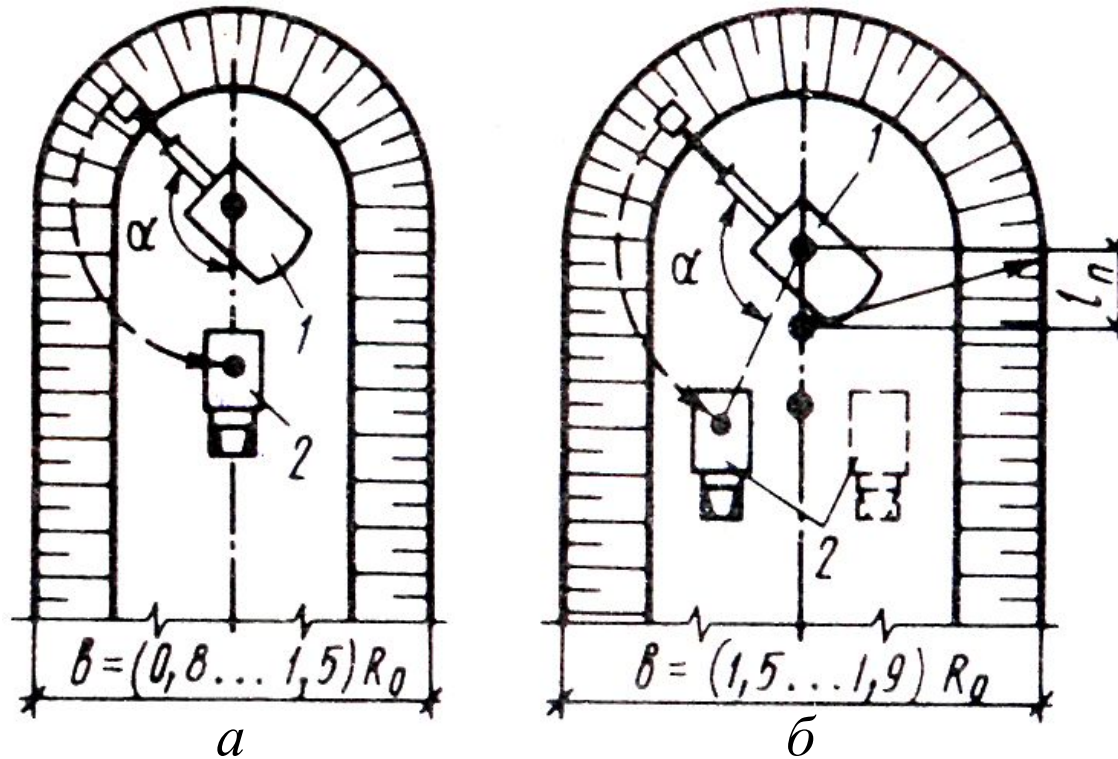


Рис. 8. Схемы проходок экскаватора с рабочим оборудованием «прямая лопата»:  
*а* – лобовая проходка; *б* – то же, с двусторонним расположением транспорта;  
*1* – экскаватор, *2* – самосвал

Применяют разработку грунта уширенным забоем с перемещением экскаватора по зигзагу (рис. 9). При этом способе сокращаются холостые проходы экскаватора и облегчаются условия маневрирования автосамосвалов.

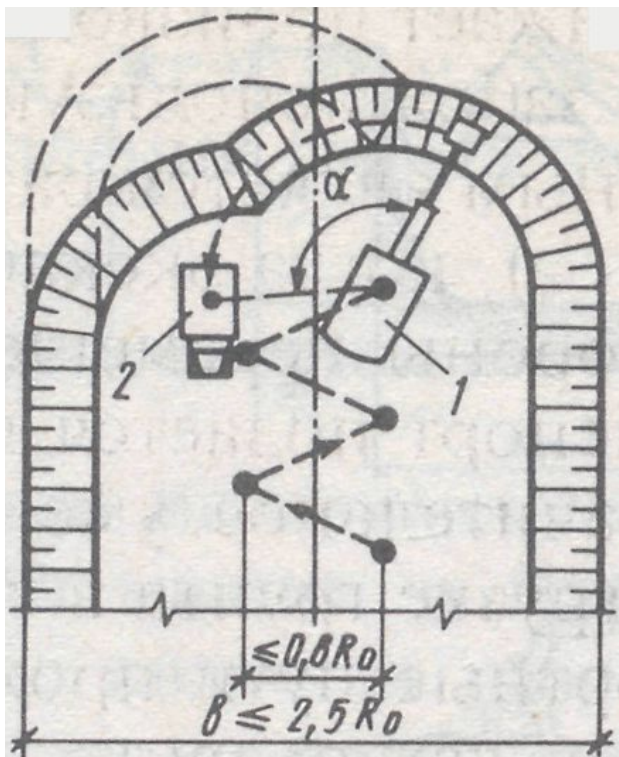


Рис. 9. Схема уширенной проходки экскаватора с рабочим оборудованием «прямая лопата» по зигзагу: 1 – экскаватор, 2 – самосвал

Ширина лобовых проходок:

для лобовой прямолинейной  $B = 2\sqrt{R_0^2 - l_{II}^2}$ ;

для зигзагообразной  $B = 2\sqrt{R_0^2 - l_{II}^2} + 2R_c$ ,

где  $R_0$  – оптимальный радиус резания экскаватора;  $l_{II}$  – длина рабочей передвижки экскаватора (разность между максимальным и минимальным радиусами резания);  $R_c$  – радиус резания на уровне стоянки.

Разработка выемок способом лобового забоя затрудняет работу транспорта. Кроме того, средний угол поворота платформы экскаватора для погрузки грунта в транспортные средства, особенно при работе в узких забоях, может достичь  $180^\circ$ , что увеличивает время рабочего цикла и снижает производительность экскаватора. Поэтому способ лобового забоя используют ограниченно.

Более эффективным является разработка грунта способом бокового забоя (рис. 10), когда экскаватор черпает грунт преимущественно с одной стороны перемещения и частично впереди себя.

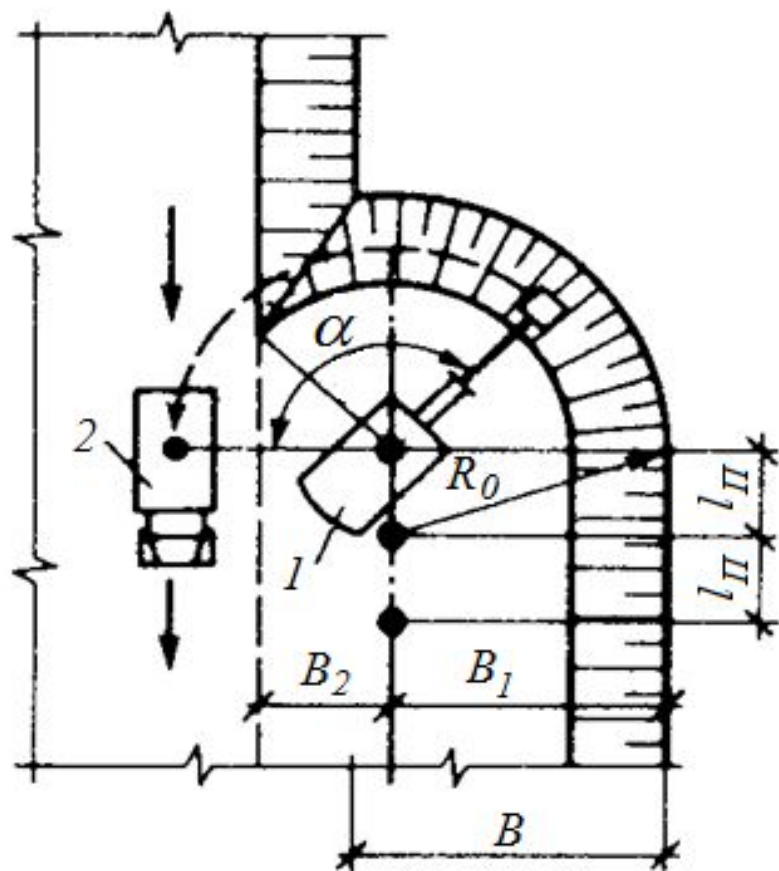


Рис. 10. Схема боковой проходки экскаватора с рабочим оборудованием «прямая лопата»:

1 – экскаватор, 2 – самосвал

По этой схеме транспорт подаётся под погрузку сбоку выработки, чем достигается значительное уменьшение угла поворота стрелы экскаватора при погрузке грунта в транспортные средства. В боковых забоях транспортные пути проходят параллельно оси перемещения экскаватора и, как правило, на уровне его стоянки.

Ширина боковой проходки

$$B = 2\sqrt{R_0^2 - l_{П}^2} + 0,7R_0.$$

Выемки, глубина которых превышает максимальную высоту забоя для данного типа экскаватора, разрабатывают в несколько ярусов (рис. 11).

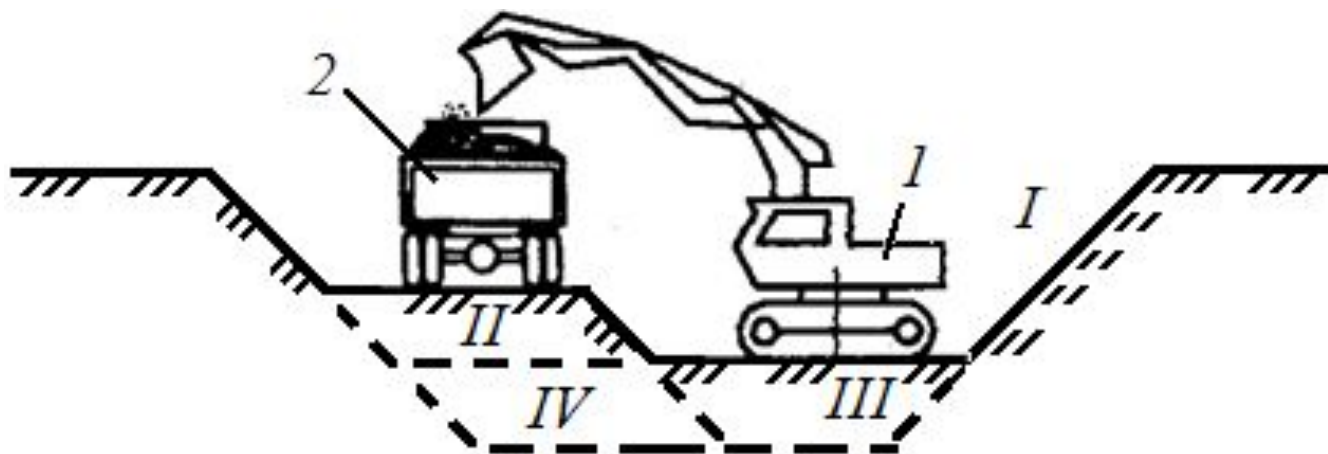


Рис. 11. Схема разработки котлована по ярусам экскаватором с рабочим оборудованием «прямая лопата»:

*I, II, III, IV* – ярусы разработки;

*1* – экскаватор, *2* – самосвал

## 2.6.1.2. Разработка грунта одноковшовым экскаватором с обратной лопатой

Экскаватор «обратная лопата» применяют при разработке грунтов ниже уровня стоянки экскаватора, в основном при отрывке котлованов глубиной до 6 м и траншей при глубине до 7,6 м. Затраты времени на один цикл экскаватора с обратной лопатой на 10...15% больше, чем у прямой лопаты.

Поярусная разработка выемок при этом виде оборудования не практикуется.

Обратная лопата - это открытый снизу ковш с режущим передним краем, шарнирно соединённый с рукоятью, которая, в свою очередь, шарнирно соединена со стрелой. По мере протягивания назад ковш заполняется грунтом. Затем при вертикальном положении рукояти ковш переводят к месту выгрузки и разгружают путём подъёма с одновременным опрокидыванием.

Разработку грунта экскаватором «обратная лопата» производят боковым и лобовым забоями с погрузкой грунта в транспорт или в отвал (рис. 12).

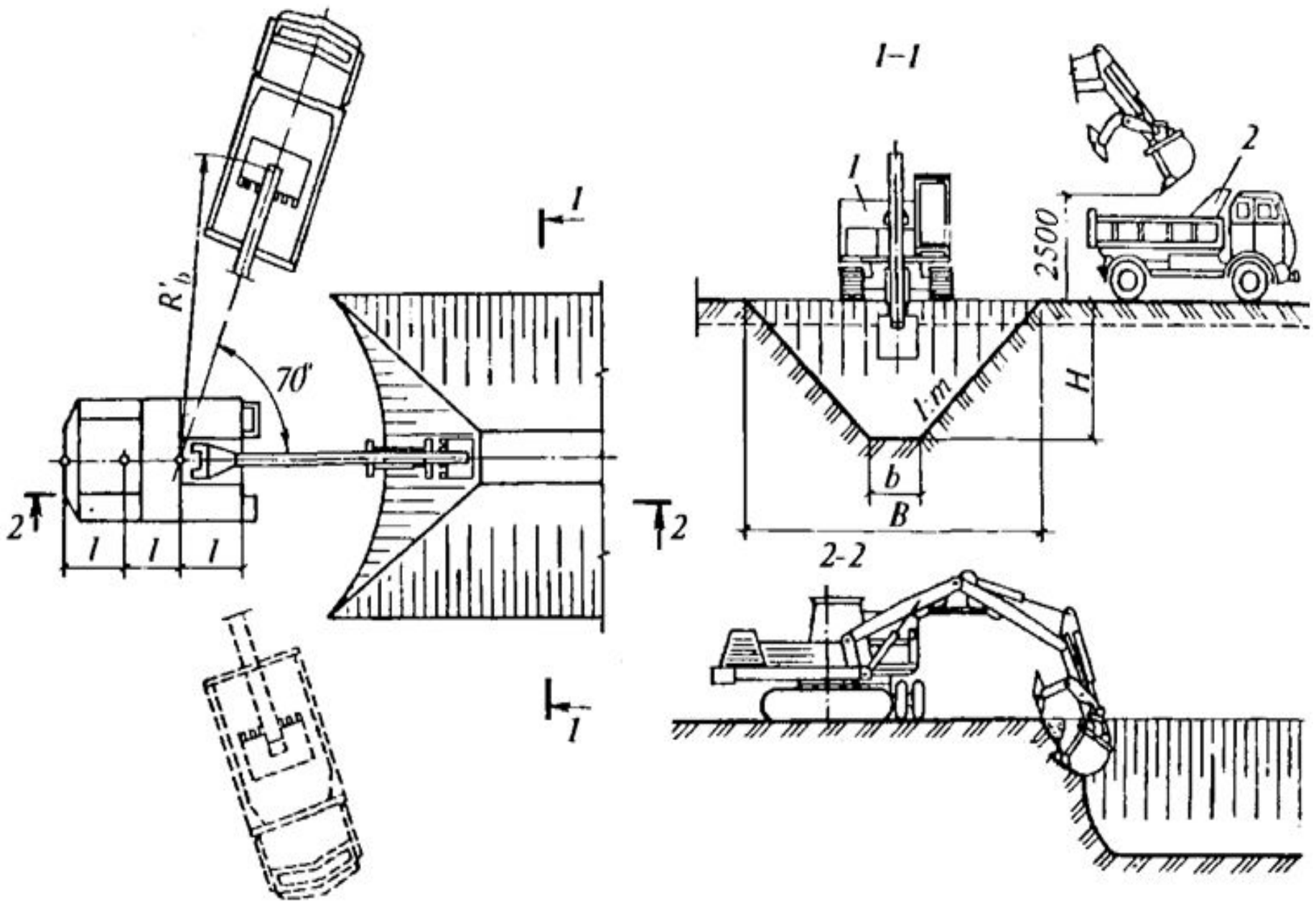


Рис. 12. Технологическая схема разработки выемок обратной лопатой







### 2.6.1.3. Экскаватор с рабочим оборудованием «драглайн»

Применяют для разработки грунтов, расположенных ниже уровня стоянки экскаватора: для рытья глубоких котлованов, широких траншей, возведения насыпей, разработки грунта из-под воды и т. п. Их применяют также для отделочных земляных работ при планировке площадей и зачистке откосов. Преимуществами драглайна являются большие радиусы действия (10 м) и глубина копания (12 м). Особенно эффективно разрабатывать драглайном мягкие и плотные грунты, в том числе обводнённые.

Разработку грунта драглайном осуществляют лобовыми и боковыми проходками аналогично экскаватору «обратная лопата». Драглайн обычно передвигается между очередными стоянками на  $1/5$  длины стрелы. В зависимости от ширины выемки, способа разгрузки грунта (в отвал или в транспортные средства) и особенностей земляного сооружения в практике используют разнообразные схемы лобового и бокового способов разработки грунта.

Так как ковш драглайна гибко подвешен, весьма эффективными являются челночные способы работы – поперечно-челночный и продольно-челночный (рис. 13). При поперечно-челночном способе автосамосвал по дну выемки подходит к месту загрузки и загружается попеременным черпанием ковша по обе стороны от кузова. При продольно-челночном способе грунт набирают перед задней стенкой кузова автосамосвала и, подняв ковш, разгружают его над кузовом. Угол поворота экскаватора при погрузке по продольно-челночной схеме приближается к  $0^\circ$ , а при поперечно-челночной – к  $15... 20^\circ$ .

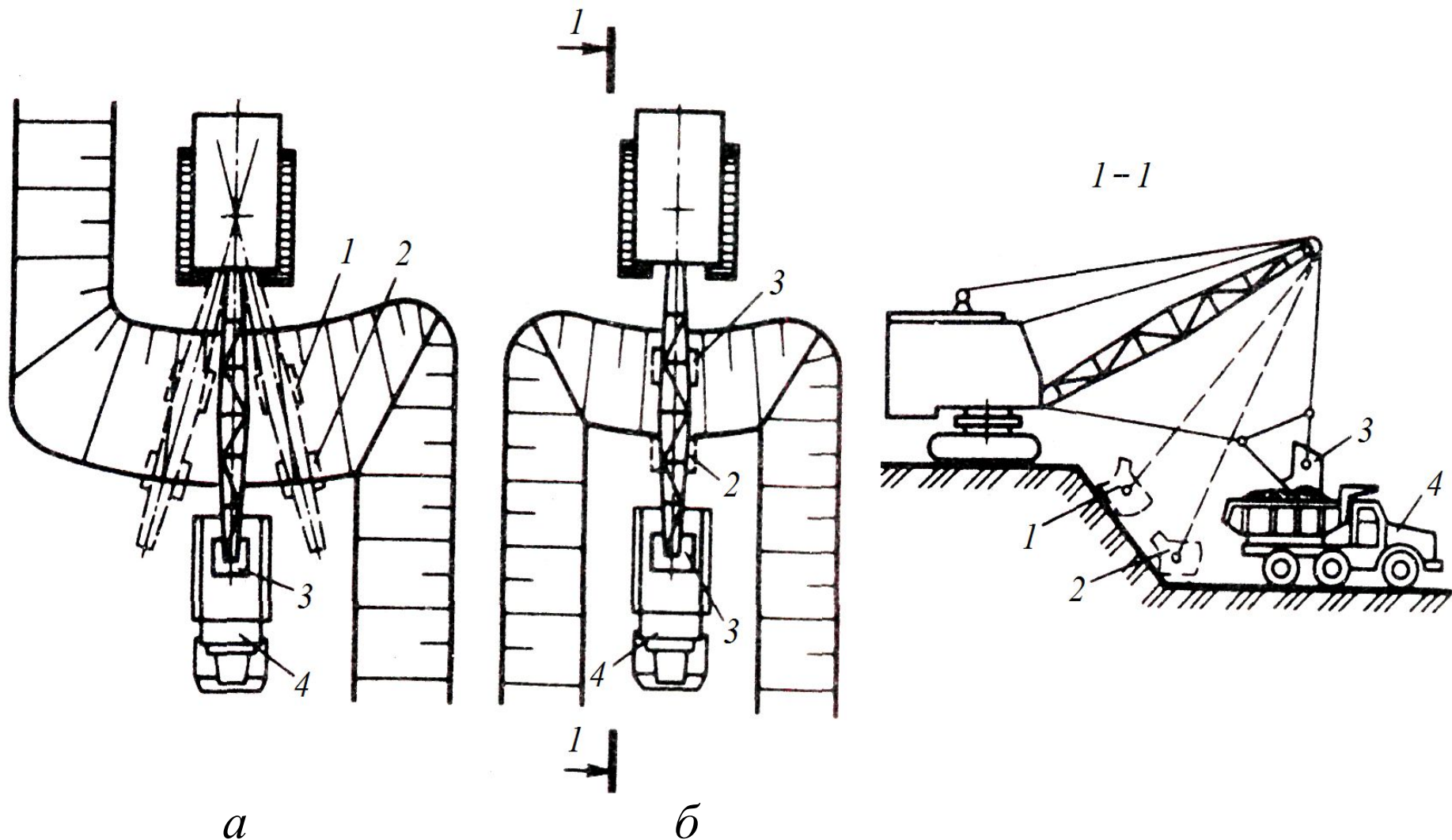


Рис. 13. Схемы проходок экскаватора с рабочим оборудованием «драглайн»:  
*а* – боковая проходка с разработкой грунта поперечно-челночным способом;  
*б* – лобовая проходка с разработкой грунта продольно-челночным способом;  
*1* – окончание набора и подъём ковша; *2* – опускание ковша и набор грунта;  
*3* – разгрузка ковша; *4* – автосамосвал





#### 2.6.1.4. Экскаватор с рабочим оборудованием «грейфер»

Грейфер используют в сугубо специфических случаях для отрывки узких глубоких котлованов, траншей, колодцев, при разработке грунта ниже уровня грунтовых вод. Он представляет собой ковш с двумя или более лопастями и канатным или в последнее время стоечным приводом, принудительно смыкающим лопасти. Грейфер навешивается на стрелу и разрабатывает выемки с вертикальными стенками. При повороте стрелы ковш перемещается к месту разгрузки и опорожняется при принудительном раскрытии лопастей. Погружение в грунт осуществляется только за счёт собственной массы и принудительного опускания стойки, поэтому можно разрабатывать грунты малой и высокой плотности, в том числе и находящиеся под водой. Строительные экскаваторы «грейфер» применяют с ковшем вместимостью 0,35...2,5 м<sup>3</sup>.





## Гидравлические экскаваторы имеют следующие основные преимущества:

- существенное увеличение производительности новых машин по сравнению с машинами, имеющими механический (канатный) привод;
- снижение удельной материалоемкости и удельной энергоемкости машин;
- расширение универсальности гидравлических экскаваторов за счет сменного оборудования и рабочих органов до 40 наименований;
- автоматизация рабочего процесса;
- коренное усовершенствование систем управления и создание комфортных условий для работы машиниста;
- улучшение эстетического вида машин;
- кардинальное повышение ходовых качеств гусеничных машин.