

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Г. В. Дегтярёв, Н. В. Коженко

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ПЕРИОДА И ЗЕМЛЯНЫХ
РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ
ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Учебное пособие

Краснодар
2014

УДК 624.13/.15(075.8)

ББК 38.623

Д26

Р е ц е н з е н т ы:

С. И. Маций – директор ООО «НТЦ ГеоПроект», д-р тех. наук,
профессор, заслуженный строитель Кубани;

Д. А. Нормов – директор ООО МИП «ЭлектроТехнолгия»,
д-р тех. наук, профессор;

В. А. Попов – генеральный директор ООО «Атлас - юг»

Дегтярёв Г. В.

Д26 Технологическое проектирование подготовительного периода и земляных работ при строительстве зданий и сооружений: учеб. пособие / Г. В. Дегтярёв, Н. В. Коженко. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – 97 с.

В учебном пособии сформулирована совокупность вопросов позволяющая изучить основные технологические процессы подготовительного периода и земляных работ. Приведены отличительные особенности и область применения различных видов технологических схем. Представленное позволяет использовать указания во время практических занятий, при выполнении курсовой работы, при самостоятельной работе, а также в дипломном проектировании при разработке технологических карт на подготовительный период и земляные работы.

Предназначено для бакалавров высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки «Строительство».

УДК 624.13/.15(075.8)

ББК 38.623

© Дегтярёв Г. В.,
Коженко Н. В., 2014
© ФГБОУ ВПО «Кубанский
государственный аграрный
университет», 2014

Оглавление

Введение	5
1 Основные термины и определения	6
2 Периоды строительного производства	8
3 Технологии строительных процессов <u>подготовительных работ</u>	10
3.1 Исследование грунтов и гидрогеологических условий на площадке строительства	10
3.2 Расчистка территории объекта строительства от древесно-кустарниковой растительности	13
3.3 Уборка валунов и камней с территории объекта строительства	21
3.4 Работы с растительным слоем грунта на территории объекта строительства	23
3.5 Технологии и технические средства уплотнения грунта	25
3.6 Инженерная подготовка территории строительного объекта	27
3.7 Водоотвод, водоотлив или искусственное водопонижение	29
3.8 Устранение притока воды в котлованы экранизацией	34
3.8.1 Устройство ограждающих экранов вокруг котлованов из глинистых грунтов	34
3.8.2 Устройство ограждающих экранов вокруг котлованов цементацией, битумизацией или силикатизацией грунтов	35
4 Теоретическое обоснование параметров технологического проектирования	36
4.1 Обоснование размеров строительной площадки	36
4.2 Основные правила разбивка строительной площадки на элементарные фигуры	36
4.3 Определение топографических, планировочных и рабочих отметок вершин элементарных фигур	38
4.4 Определение отметок «нулевой линии» на сетке элементарных фигур	40
4.5 Расчет объемов грунта при вертикальной планировке строительной площадки	40
4.6 Расчет объемов недобора грунта и грунта обратной засыпки	42
4.7 Баланс разрабатываемых земляных масс	43
4.8 Определение оптимальной схемы перемещения земляных масс	44
5 Выбор и обоснование технологии, способов и средств производства земляных работ	47
5.1 Анализ строительных процессов при вертикальной планировке строительной площадки	47
5.2 Обоснование и выбор способа производства земляных работ	48

5.3 Производство работ бульдозерным комплектом машин	49
5.3.1 Производительность бульдозеров	55
5.4 Производство работ скреперным комплектом машин	57
5.4.1 Производительность скреперов	69
5.5 Производство работ экскаваторным комплектом машин	70
5.5.1 Технологические особенности и область применения рабочего оборудования драглайн	70
5.5.2 Технологические особенности и область применения рабочего оборудования прямая лопата.	76
5.5.3 Технологические особенности и область применения рабочего оборудования обратная лопата	82
5.5.4 Производительность одноковшовых экскаваторов	86
5.5.5 Обоснование технологически сопутствующих машин	88
6 Безопасность жизнедеятельности и экологичность проектных решений.....	91
Список рекомендуемых источников.....	92
Список дополнительных источников	92
П р и л о ж е н и я.....	93
Приложение А.....	94
Приложение Б	95
Приложение В	96

Введение

Поступательное развитие общества предполагает освоение все новых территорий. Любое такое освоение будет связано с необходимостью возведения зданий и сооружений. В свою очередь удобные в плане освоения территории уже используются и перспектива только за освоением новых. Возрастающие конструктивно-технологические возможности новых машин и механизмов открывают новые технические и технологические возможности освоения тех участков территорий, которые ранее считались либо не перспективными к освоению, либо даже вообще не возможными к освоению в принципе.

Рыночный механизм общественных отношений предполагает обязательный поиск наиболее эффективного пути решения задачи, то есть при наименьших трудозатратах и минимальных, из возможных, вложениях средств, необходимо добиться поставленных целей. Добиться этого можно лишь при использовании современных технологических решений начиная с работ подготовительного периода. Это обязательно потому, что любое новое строительство на вновь осваиваемой территории или территории где до этого находились постройки, но они уже не удовлетворяют современным требованиям, необходимо осуществить комплекс работ. Основные работы нижеследующие: водоотведение, уборка с территории древесно-кустарниковой растительности, камней, осуществление открытого или грунтового водоотлива, водопонижения, снос мешающих строительству и признанных не удовлетворяющими планируемому использованию земель зданий и сооружений и другие работы, многообразие которых диктуется бесконечным множеством жизненных ситуаций

Подготовка дневной поверхности участка строительства, кроме работ подготовительного периода, отмеченных выше, в большинстве своем предполагает осуществление большого объема земляных работ по планировке территории. Для строительства необходимо получить проектную плоскость, не горизонтальную, а с незначительными уклонами по оси ОХ и ОУ, по общему уклону рельефа местности. В виду значительных объемов земляных работ на данном этапе и, как следствие, значительной их стоимости, выбор технических средств и технологий решения данных задач становится весьма значимым и требует принятия обоснованного решения, обычно на основе технико-экономического сравнения вариантов.

1 Основные термины и определения

Курс Технологии строительных процессов, как в прочем и любой другой, базируется на целом ряде терминов и определений, обязательных к знанию и полноценному пониманию. Рассмотрим основные из них.

Технология – научное описание способа производства.

Способ – совокупность последовательных действий или рабочих операций.

Действие – результат проявления какой-либо деятельности, проявление влияния или физического воздействия.

Рабочая операция – однородный процесс, с неизменными исполнителями, механизмами, инструментами и материалами.

Процесс – ход развития какого-либо явления.

Процесс технологический – совокупность рабочих операций связанных с непосредственным изменением состояния предмета производства.

Процесс производственный – совокупность технологических процессов, в результате которых исходные материалы превращаются в готовую продукцию.

Строить – осуществлять в определенной последовательности операции технологического (строительного) процесса.

Строительное производство – часть производственного процесса, результатом которого являются промышленные, сельскохозяйственные и гражданские здания и сооружения.

Строительное производство – складывается из комплекса взаимосвязанных процессов, таких как **основные, вспомогательные и транспортные** строительные процессы.

Основные строительные процессы – выполняются только на строительной площадке и связаны с непосредственным возведением зданий или сооружений.

Например: монтаж железобетонных или металлических конструкций, изготовленных на заводах либо на приобъектных площадках; кирпичная кладка несущих или самонесущих стен, перегородок; изготовление монолитных железобетонных или бетонных конструкций и прочих технологических процессов.

Основные строительные процессы – называют ведущими, поскольку они дают основную строительную продукцию.

По ведущим строительным процессам выбирают технологию выполнения работ и определяют степень ее механизации.

Основные строительные процессы характеризуются многофакторностью и специфическими особенностями, что обусловлено:

1) стационарностью строительной продукции, когда при выполнении строительных процессов рабочие и технические средства перемещаются, а возводимые здания и сооружения остаются неподвижными;

2) крупноразмерностью и массоемкостью строительной продукции; возводимые здания и сооружения различаются по производственным и эксплуатационным характеристикам, форме, размерам и внешнему облику, расположением по отношению к дневной поверхности земли и другим факторам;

3) разнообразием материальных и конструктивных элементов используемых при возведении зданий и сооружений;

4) природно-климатическими условиями; возводимые здания и сооружения могут находиться в различных геологических, гидрогеологических и климатических условиях;

5) условиями реконструкции зданий и их технического перевооружения; строительные процессы могут выполняться отдельными захватками, дифференцировано по операциям, малыми рассредоточенными объектами, в действующих цехах или частично работающих т. д.

Вспомогательные строительные процессы – готовой продукции не дают, но при этом осуществляют все работы предшествующие непосредственному выполнению основных строительных процессов.

К вспомогательным строительным процессам относят: обустройство строительной территории; складирование конструкций; устройство, а затем, по окончании работ, разборку подмостей; изготовление инертного материала для бетона; изготовление самого бетона и другие технологические процессы.

Транспортные строительные процессы – также не дают готовой строительной продукции и служат для своевременной и бесперебойной поставки на строительные площадки технических средств механизации, строительных материалов и готовых к монтажу конструктивных элементов зданий и сооружений.

В целом строительные процессы могут характеризоваться еще и как **материальные процессы**.

Материальные процессы в свою очередь охватывают все действия, направленные на материальные предметы, связанные с изменением их состояния, результатом которого является создание продукции.

В строительных процессах участвуют: **рабочие (они приносят в процесс труд)**, которые используют **технические средства (это орудия труда)**, с помощью которых, из **материальных элементов (предметов и материала труда)**, создается **строительная продукция (здания и сооружения)**.

2 Периоды строительного производства

Строительные процессы из-за их сложности и многогранности принято делить на периоды.

Принято различать четыре периода строительного производства, это:

- 1) **подготовительный период строительного производства;**
- 2) **нулевой цикл (период) строительного производства;**
- 3) **цикл возведения зданий или сооружений;**
- 4) **послемонтажные отделочные работы и облагораживание территории.**

Рассмотрим первые два периода строительного производства, а именно подготовительный период и нулевой цикл (период) строительного производства.

Подготовительный период включает следующие основные виды работ:

1) исследование грунтов и гидрогеологических условий на площадке строительства;

2) инженерную подготовку территории строительства, в свою очередь могущую включать:

2.1) устройство инженерной зачистки территории строительства, включающей вначале удаление или перенос существующих инженерных коммуникаций;

2.2) защиту объекта строительства от воды поверхностного стока, а затем, при необходимости, осуществляют либо защиту котлована от затопления, либо понижение уровня грунтовых вод, либо защиту подземной части объекта строительства от верховодки;

3) очистку территории строительства от кустарников, деревьев, пней, камней и тому подобных объектов на рельефе;

4) срезку и складирование растительного слоя земли с площадки строительства, с целью последующей рекультивации территории строительства;

5) снос ветхих строений и других мешающих застройке;

6) рыхление грунта различными способами перед разработкой (при необходимости);

7) планировку территории строительства (при необходимости), в свою очередь могущую включать срезку, грунта его последующее перемещение и уплотнение на новом месте;

8) прокладку наружных коммуникаций (водопроводных, канализационных, газопроводных, теплофикационных и других сетей и трубопроводов);

9) устройство внутренних дорог на территории объекта строительства;

10) устройство инвентарных переносных заборов, ворот для организации въезда–выезда, с целью ограждения участка строительства и упорядочивания транспортных потоков;

11) завоз строительных машин и оборудования (бульдозеров, скреперов, башенных кранов, погрузчиков, подъемников и других машин и механизмов;

12) завоз и обустройство на территории строительного объекта временных зданий и сооружений (прорабской, комнаты мастеров, бытовок для рабочих мужчин и женщин, столовой, душевых помещений и других инфраструктурных составляющих, обеспечивающих нормальный быт строительных рабочих).

Подготовительный период это очень большой раздел в технологии строительного производства, практически бесконечно разнообразный, но от правильности решения вопросов по которому, зависит успех строительства в целом.

Нулевой цикл (период) строительного производства включает следующие основные виды работ:

1) разработка котлованов и траншей под фундаменты с перемещением грунта;

2) монтаж (изготовление) фундаментов различных видов, возможна забивка (изготовление по месту) свай с последующим устройством ростверков;

3) монтаж (изготовление) стен и перегородок подвала или технического подполья;

4) монтаж (изготовление) перекрытий над подвалом или техническим подпольем;

5) гидроизоляционные работы, организационные и технические мероприятия по защите подземных частей зданий и сооружений от агрессивного воздействия любых видов подземных вод.

Как видно из представленного все работы на нулевом цикле осуществляются ниже уровня земли, или нулевой отметки здания или сооружения (за что обычно берется пол 1-го этажа), отсюда произошло и название нулевого цикла строительного производства.

3 Технологии строительных процессов подготовительных работ

Любое здание или сооружение обязательно связано с грунтом или, в ряде случаев, и само состоит из грунта (дамбы, гравитационные плотины, транспортные развязки и т. п.). Таким образом, без знания свойств грунтов, невозможно решать никакие задачи на строительной площадке. Исследованием грунтов и гидрогеологических условий на площадке строительства занимаются геологические предприятия, которые и представляют строителям нужную информацию по данному вопросу.

3.1 Исследование грунтов и гидрогеологических условий на площадке строительства

Целевым назначением геологических изысканий является определение геолого-литологического строения и инженерно-геологических характеристик разреза, определение уровня подземных вод, их агрессивности, а также сейсмичности площадки строительства.

Для реализации поставленной цели последовательно решаются ниже следующие вопросы:

1) определяются виды и объемы работ в целом, для всестороннего объективного изучения необходимых и достаточных геологических характеристик площадки строительства;

2) выявляется изученность инженерно-геологических условий площадки строительства;

3) определяются физико-географические и техногенные условия на площадке строительства;

4) определяются геологическое строение и гидрогеологические условия на площадке строительства;

5) определяются физико-механические свойства грунтов;

6) дается видение специалистов геологических и инженерно-геологических процессов происходящих на территории включающую строительную площадку;

7) дается анализ специфических грунтов и геологических условий при их наличии на территории объекта строительства.

На рисунке 3.1 представлен, в качестве примера, реальный инженерно-геологический разрез по строительной площадке одного из объектов Краснодарского края.

Представленный на рисунке 3.1 один из разрезов, выполненный при инженерно-геологических изысканиях, является частью полученной информации о строительной площадке, сведенной в следующее заключение:

– инженерно-геологические условия площадки строительства соответствуют 3 категории сложности (наличие специфических набухающих грунтов (СНиП 11-105-97);

– в геолого-литологическом строении исследуемого участка принимают участие породы кайнозойской группы четвертичной системы от верхнечетвертичного до современного отделов, представленные суглинками с включениями гравийно-галечникового материала, содержание которого колеблется от 30–40 % до 60–70 % (a d Q III), перекрытые делювиальными грунтами, представленными глинами (d Q III-IV). Весь комплекс перекрыт с поверхности почвой элювиальной, глинистой (e Q IV), которая в свою очередь перекрыта современными насыпными грунтами (t Q IV).

– по физико-механическим свойствам согласно ГОСТ 25100-95 на площадке изысканий выделено пять инженерно-геологических элементов (ИГЭ):

– ИГЭ-1 – насыпные грунты;

– ИГЭ-2 – почва глинистая;

– ИГЭ-3 – глины полутвердые, легкие, пылеватые, слабонабухающие;

– ИГЭ-4 – гравийный грунт с суглинистым заполнителем твердой консистенции;

– ИГЭ-5 – суглинки полутвердые, гравелистые.

Насыпные грунты (ИГЭ-1) и грунты почвенно-растительного слоя (ИГЭ-2) в качестве основания фундаментов не пригодны, в лабораторных условиях не исследовались.

Естественным основанием фундамента проектируемого здания могут служить грунты – ИГЭ-3,4,5. В качестве основания фундамента не рекомендуется принимать в контуре здания различные по сжимаемости грунты.

Рекомендуемый тип фундамента – ленточный. Окончательное решение по выбору типа фундамента и глубины его заложения, остается за проектной организацией.

В связи с тем, что грунты ИГЭ-3 обладают набухающими свойствами, при проектировании необходимо предусмотреть мероприятия, предусмотренные СНиП 2.02.01-83. Заложение фундаментов необходимо проводить в летне-осенний период, в сезон наименьшего выпадения осадков. Пазухи котлована необходимо уплотнить не набухающими грунтами. Отмостки должны перекрывать пазухи котлована в 1,5–2,0 раза. Невыполнение этих условий может привести к техногенному затоплению подземных частей здания. Как вариант можно рекомендовать усиленную гидроизоляцию заглубленных частей здания.

Инженерно-геологический разрез по линии III-III

Масштаб:
гориз. 1:200
верт. 1:100

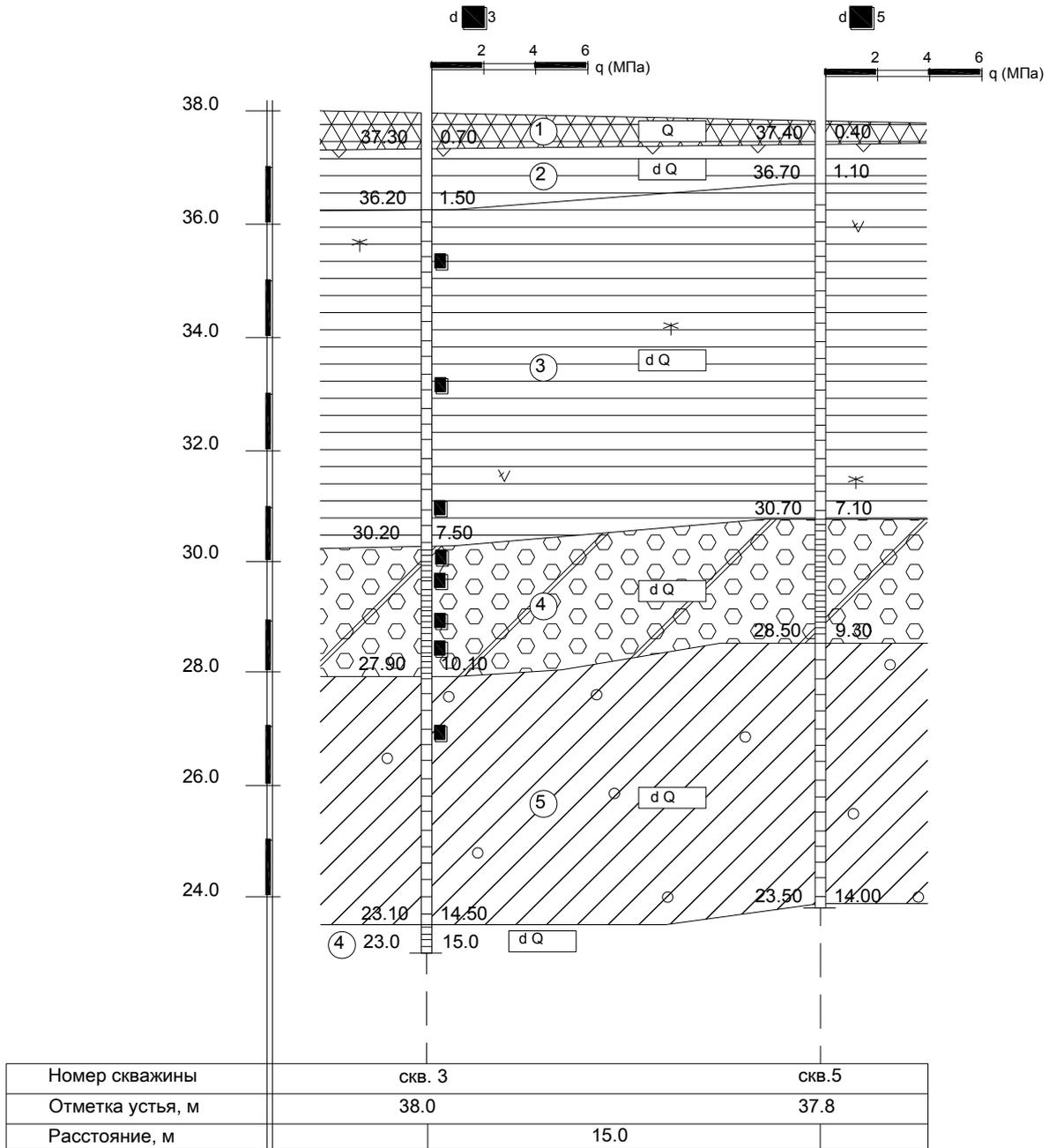


Рисунок 3.1 – Инженерно-геологический разрез

С учетом геологического строения, площадка относится к неподтопленной, однако в процессе строительства, при котором в результате нарушения водного режима возможно направленное повышение влажности грунтов или уровня подземных вод (в том числе в результате создания техногенных вер-

ховодок), допустима интенсификация процессов набухания, что приведет к деформациям грунтов оснований и самих сооружений.

Для уменьшения скорости техногенного подтопления рекомендуется предусмотреть отвод ливневых и сточных вод с площадки строительства. Подземные воды на период изысканий скважинами глубиной 14,0–15,0 м не вскрыты.

Согласно гидрогеологической карте подземные воды в районе работ залегают на глубинах 17,0–20,0 м от поверхности земли.

Гидрогеологические условия площадки будут уточняться в процессе строительства и эксплуатации здания.

Нормативная глубина сезонного промерзания грунта – 0,8 м.

Фоновая сейсмичность района работ по СНиП П-7-81 (в редакции 2001 г.) – 8 баллов (карта А).

По СНиП П-7-81 (см. таблицу 1) грунты ИГЭ-3,4,5 относятся ко II категории грунтов по сейсмическим свойствам.

Сейсмичность площадки строительства – 8 баллов.

Для расчета водопритока в траншею или котлован рекомендуется принять следующие коэффициенты фильтрации:

- для глин (ИГЭ-3) – 0,005 м/сут,
- для гравийных грунтов (ИГЭ-4) – 20 м/сут,
- для суглинков гравелистых (ИГЭ-5) – 0,4 м/сут.

Для определения группы грунтов по трудности разработки следует принять следующие значения плотности грунтов:

- ИГЭ-3 – 1960 кг/м³,
- ИГЭ-4 – 2010 кг/м³,
- ИГЭ-5 – 2030 кг/м³.

Необходимые знания, полученные по геологическому строению и гидрогеологическим условиям на площадке строительства, позволят обоснованно принимать проектные решения, как для стадии подготовительного периода, так и для проектирования надземной части здания или сооружения.

3.2 Расчистка территории объекта строительства от древесно-кустарниковой растительности

Древесно-кустарниковая растительность формирует ландшафт местности, является выражением яркой индивидуальности территории. При этом ряд древесно-кустарниковой растительности может быть эндемичен или иметь другую ценность. В этой связи удаление древесно-кустарниковой растительности с территории строительного участка согласуется с архитектурным надзором и земельным комитетом административно-территориального образования, на территории которого находится строительная площадка. Такая постановка задачи предполагает два возможных пути развития событий.

Первый путь это когда необходимо сохранить, на территории строительной площадки, ряд кустов или деревьев. В этом случае, до начала каких либо работ, необходимо позаботиться о возможности сохранения зеленых насаждений на территории объекта строительства, путем пересадки, путем ограждающей защиты по месту роста и т.д. Второй путь это когда необходимо осуществить расчистку территории объекта строительства от древесно-кустарниковой растительности.

Расчистка территории объекта строительства от древесно-кустарниковой растительности ведется разными способами в зависимости от густоты и крупности леса и кустарника.

К кустарнику относят растения со стволами диаметром от 1,5 до 11 см при высоте до 5–6 м, к лесу деревья со стволами диаметром более 12 см.

Деревья со стволами диаметром более 12 см обычно вначале спиливают, разделяют и используют древесину в строительных или хозяйственных целях. При этом пользуются теми же приемами и механизмами, что и при лесозаготовках (мотопилы, сучкорезы, древовалы, трелевочные тракторы).

В зависимости от породы деревьев и почвы, на которой они произрастают, у них развивается определенный вид корневой системы: глубинная или поверхностная.

Деревья с поверхностной корневой системой могут быть убраны с территории строительной площадки путем валки, при наличии места для ее осуществления. Валка деревьев осуществляется бульдозером, специально оборудованным рамой для защиты кабины. Технологическая схема реализации данного процесса представлена на рисунке 3.2.

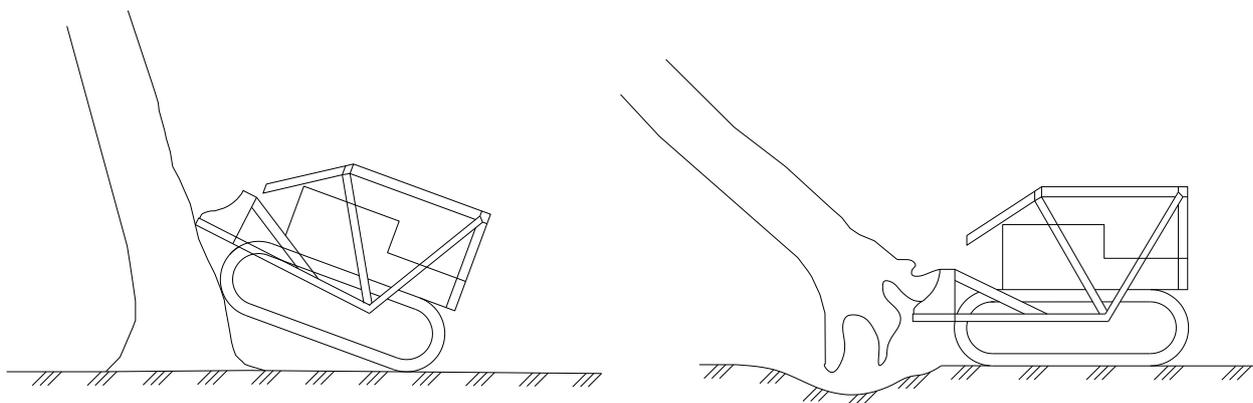


Рисунок 3.2 – Валка деревьев нажимом отвала бульдозера

Если корневая система дерева глубинная и его невозможно убрать нажимом отвала бульдозера, то его спиливают, а пень выкорчевывают.

Корчевка пней. Расчистка территории от пней складывается из следующих процессов:

1) подготовки пня к корчеванию – обрубка поросли, обрыв боковых корней зубьями тракторного корчевателя, захват пня корчующими устройствами;

2) корчевки – вытаскивание пня из земли;

3) обивка земли с корней и перетряхивание пней после подсушки в течение 3–4 недель путем многократного перемещения их с места на место корчевателями-собирающими или бульдозерами, или путем сбрасывания с некоторой высоты после подъема, какими-либо средствами;

4) сбора выкорчеванных пней в кучи – тракторными корчевателями-собирающими, граблями, бульдозерами;

5) погрузки пней на транспортные средства;

6) транспортировка на колесных прицепах, волокушах, саморазгружающихся лыжах, выбираемых с учетом дальности перемещения;

7) выгрузки и складирования в отведенном месте;

8) засыпки подкорневых ям бульдозерами.

При корчевке крупных пней диаметром более 40 см рекомендуется предварительно подрезать боковые корни зубьями тракторных корчевателей. Каждый крупный пень диаметром более 10–12 см корчуются отдельно.

Рассмотрим виды и способы корчевки крупных пней представленные на рисунке 3.3.

Мелкие пни и корни кустарников после срезки кусторезами корчуют вычесыванием, обрабатывая всю расчищаемую площадь машинами и орудиями с зубовыми рабочими органами (корчевателями-собирающими, роторными корчевателями).

В настоящее время наиболее распространена корчевка пней различными тракторными корчевателями.

Корчевка тросами с помощью тракторов и лебедок связана с большими затратами ручного труда, а корчевка с помощью сменного оборудования к одноковшовым экскаваторам мало производительна и имеет высокую стоимость. Поэтому эти способы применяют сравнительно редко.

Пни диаметром более 80 см корчуют взрывным способом, при различном расположении взрывчатых веществ (ВВ), как показано на рисунке 3.4.

До последнего времени плохо механизированы работы по обивке земли с пней и сбору выкорчеванных пней. Эти процессы выполняют чаще всего теми же корчевателями-собирающими, тракторными граблями, бульдозерами, что приводит к перемещению вместе с пнями больших объемов грунта, а это увеличивает стоимость работ.

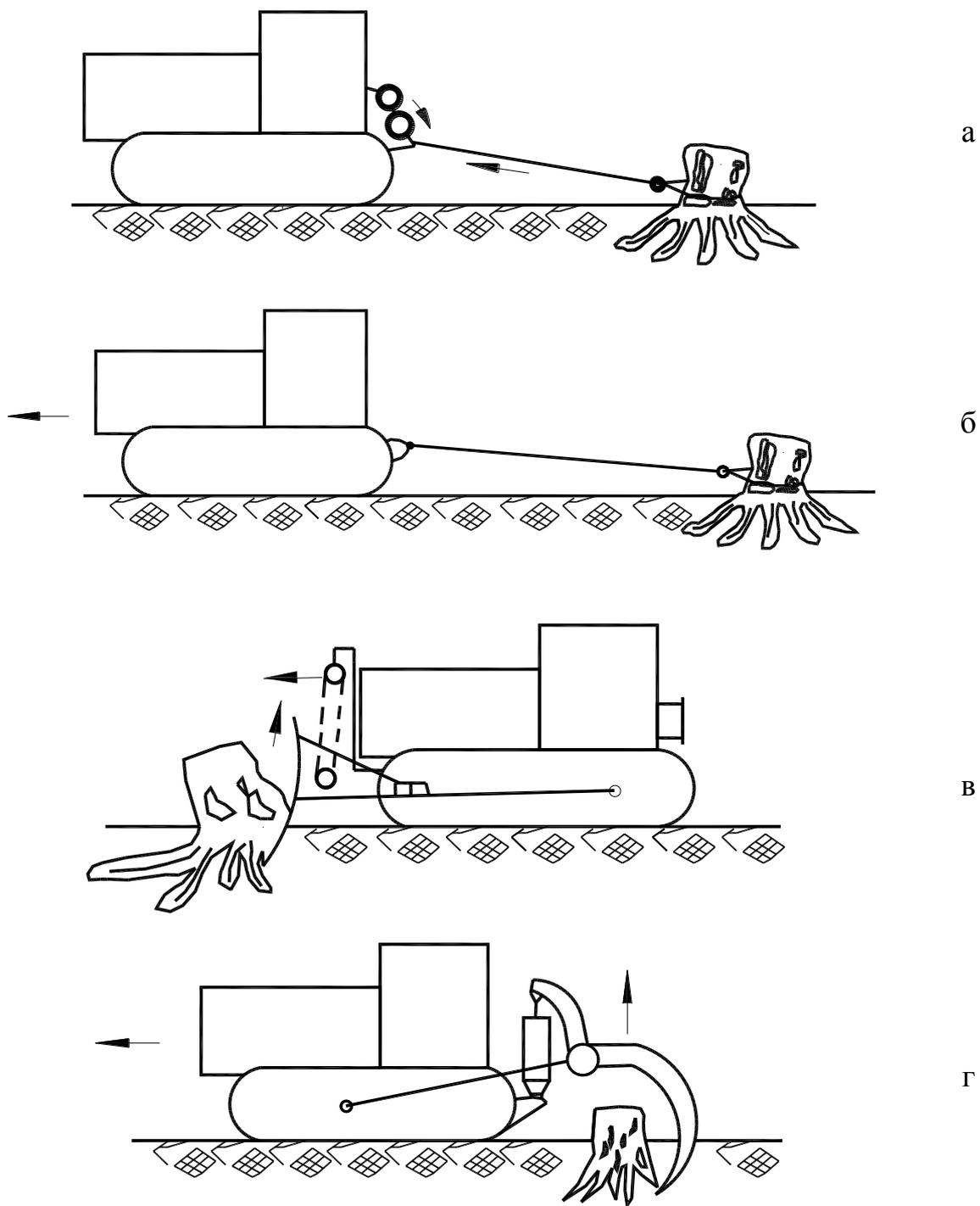


Рисунок 3.3 – Технологические решения корчевки пней:
а – посредством корчевательной лебедки;
б – посредством прямой тяги трактора;
в – посредством лопаты для корчевания;
г – посредством зуба-корчевателя

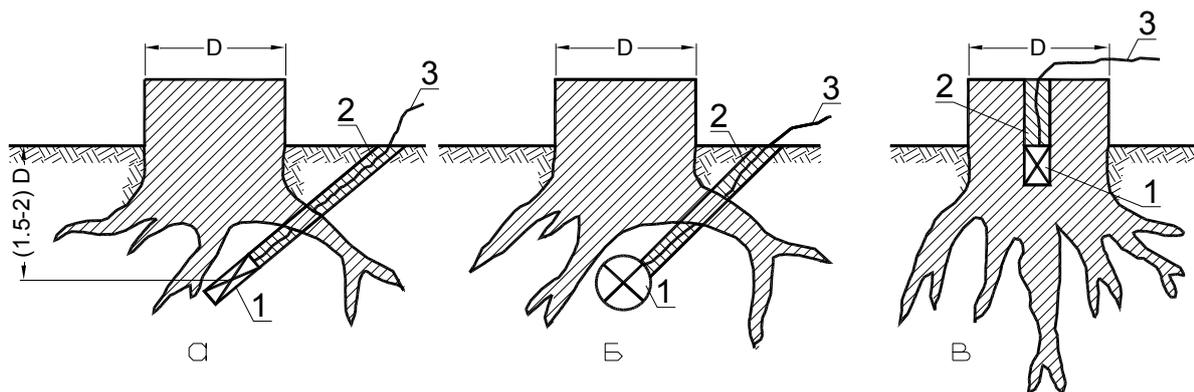


Рисунок 3.4 – Корчевка пней взрывным способом:
 а – при ВВ в шпуре ниже пня; б – при ВВ в котловом шпуре, ниже пня;
 в – при ВВ в шпуре, пробуренном в пне;
 1 – заряды ВВ; 2 – забойка; 3 – огнепроводный шнур

Кустарниковую растительность сводят с площади, вовлеченной в строительный процесс, одним из следующих способов: корчевкой, срезкой на уровне земли, химической обработкой с последующим уничтожением сухостоя, фрезерованием вместе со слоем почвы.

Рассмотрим последовательно каждый из представленных способов более подробно.

Корчевка кустарника проводится тракторными корчевателями вместе с большей частью корневой системы растения. Осуществляется данный процесс может, например, корчевательной машиной К – 2А, приведенной на рисунке 3.5.

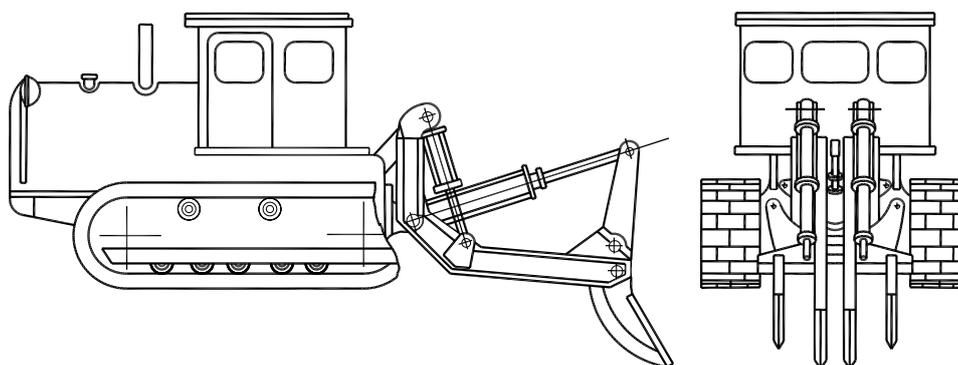


Рисунок 3.5 – Корчевательная машина К – 2А

После подсыхания в течение 15–20 дней обивают корни от грунта, путем их перевалки и сгребают подсыхшую массу в валы или кучи (тракторными корчевателями или граблями), для последующего вывоза за пределы объекта строительства.

При таком способе сведения кустарника улучшается качество и ускоряется процесс очистки объекта от корней и мелких пней. Однако он имеет следующие недостатки:

1) большая потеря растительного грунта при сгребании выкорчеванной массы;

2) большой объем перемещаемого грунта (до 1000 т/га);

3) большая трудоемкость и стоимость реализации операции.

Срезка кустарника на уровне земли проводится кусторезами различных типов, а в зимнее время, на мерзлом грунте – бульдозерами.

При срезании тонких стволов кустарника и особенно ивы кусторезами с пассивным рабочим органом происходит пригибание ветвей. На таких участках требуется повторная срезка, а иногда и корчевка кустарника.

Срезанную массу также сгребают в валы или кучи для вывозки, а при наличии ям, оврагов, понижений – для закапывания. В дальнейшем на освобожденной от древесно-растительной массы площади необходима корчевка корней и пней с помощью корчевателей различных типов, сгребание и сбор корневых остатков с вывозкой их за пределы объекта.

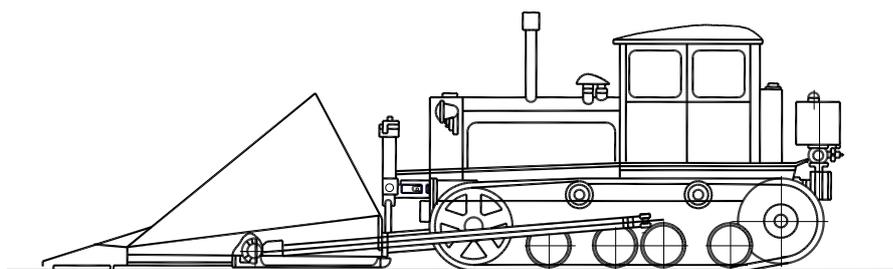


Рисунок 3.6 – Кусторез КБ – 2.8

Преимущества этого способа – уменьшение объема перемещаемого почвенного слоя (до 700 т/га).

Для уменьшения объема перемещаемого растительного грунта срезку кустарника и его сгребание целесообразно проводить по мерзлому грунту, используя для этого бульдозеры.

Схемы рабочих передвижений агрегатов при срезке, перемещении и сгребании кустарника показаны на нижеследующих рисунках. Данные схемы можно применять как в курсовом, так и в дипломном проектировании.

Расчистка по спирали (схема «а»), наиболее целесообразна при незначительных зарослях объекта строительства.

При более заросшей территории рациональнее расчистка с одной стороны «челноком» (схема «б»), при этом возможно складирование выкорчеванной массы с одной стороны на объекте.

Расчистка с середины в свал по обе стороны (схема «в»), применима либо при значительных зарослях территории, либо при большой длине участка по технологическому ходу кустореза.

Расчистка с четырех сторон (схема «г»), наиболее универсальна и применима как при незначительных объемах работ, так и при больших зарослях. Но тогда приходится увеличивать частоту мест временного складирования выкорчеванной массы.

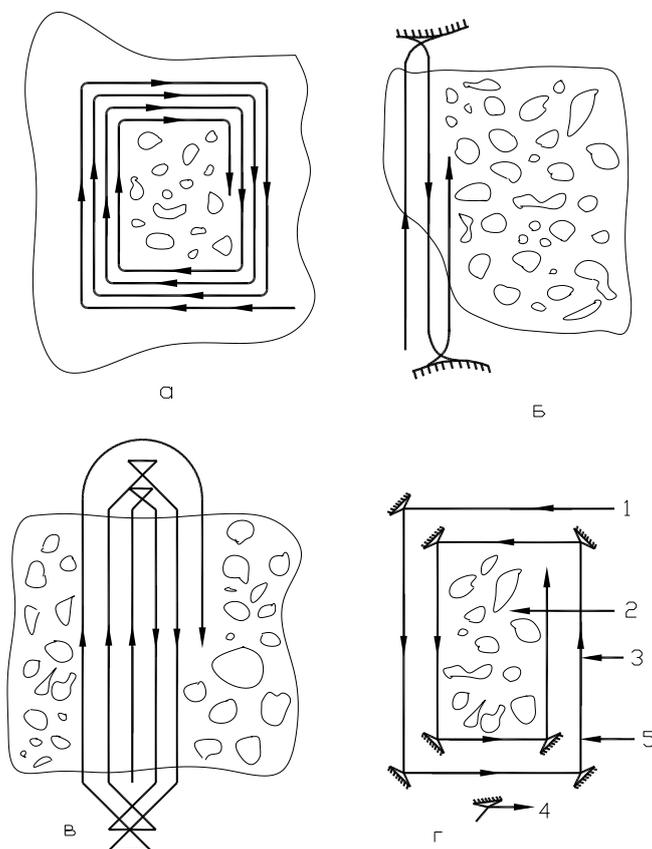


Рисунок 3.7 – Способы резки кустарников кусторезами:
 а – расчистка по спирали; б – расчистка с одной стороны «челноком»;
 в – расчистка с середины в свал; г – расчистка с четырех сторон
 (с поворотом на холостом ходу)

Уничтожение кустарника химическими средствами. Химические препараты – арборициды («арбор» – дерево, «цедо» – убиваю, лат.) применяют для умерщвления древесно-кустарниковой растительности на корню. Под действием химикатов после опрыскивания с самолетов или наземных средств растения погибают, засыхают и начинается процесс разложения ветвей, стволов и корневой системы. За 2–3 года после химической обработки тонкие стволы перегнивают, а более толстые превращаются в ломкий сухойстой. Для очистки территории проводят ломку и уборку оставшейся сухой древесины механическими средствами (траловой цепью, катками, бульдозерами, кусторезами, корчевателями-собирающими, тракторными граблями) и уничтожают ее обычными способами (сгребание в валы и кучи и вывозка за пределы строительного объекта).

Для опрыскивания арборициды растворяют в воде или дизельном топливе. Расход раствора при авиационной обработке равен 50–250 л/га и при обработке с наземных средств 1300–2500 л/га. Химическую обработку рекомендуется проводить в летние безветренные дни с конца мая до середины августа.

Наряду с преимуществами химический метод уничтожения растительности имеет ряд существенных недостатков, ограничивающих его применение:

- 1) недейственность для многих пород деревьев и кустарников;
- 2) невозможность применения авиационной обработки на малых площадях, выборочными участками, вблизи населенных пунктов, посевных площадей, мест выпаса домашних животных и пр.;
- 3) большой расход химических препаратов и высокая стоимость обработки, при использовании наземных средств (опрыскивателей);
- 4) зависимость от метеорологических условий;
- 5) необходимость проводить обработку только в определенные периоды года;
- 6) пагубное воздействие на животных и растительный мир смежных территорий;
- 7) отсутствие уверенности в надлежащем эффекте.

Фрезерование кустарника вместе с почвой. Рассмотренные способы уничтожения древесно-кустарниковой растительности требуют выполнения большого количества операций, растянуты во времени и, как правило, не обеспечивают хорошего качества очистки территории строительства от мелких остатков кустарниковой растительности. Перечисленных недостатков не имеет способ глубокого фрезерования кустарника вместе с верхним почвенным слоем, осуществляемый специальными машинами, например машиной ДП–31АХЛ.

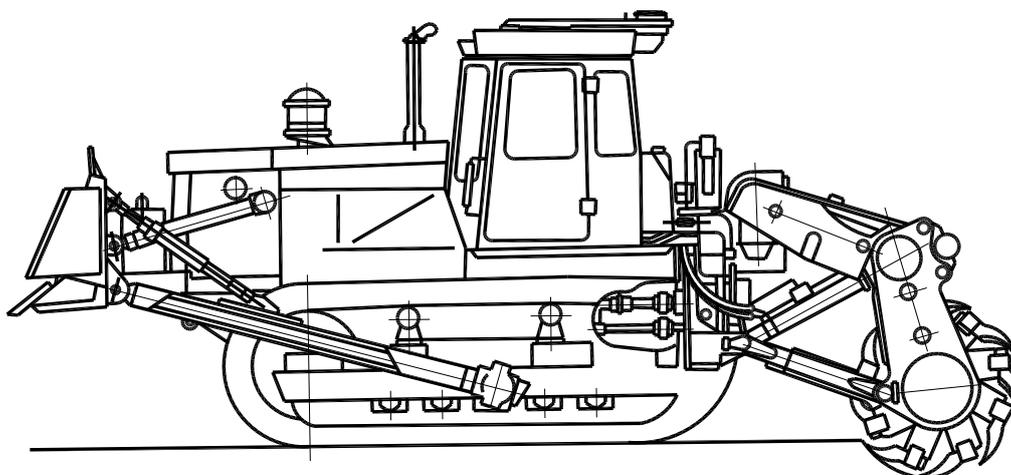


Рисунок 3.8 – Машина для послойного фрезерования ДП–31АХЛ

При глубоком фрезеровании полностью уничтожается древесно-кустарниковая растительность с корневой системой, что исключает все дальнейшие операции. Глубокое фрезерование кустарника можно проводить на площадях с древесно-кустарниковой растительностью диаметром до 10 см и высотой до 6–8 м, при наличии пней диаметром до 10–12 см, но при отсутствии каменистых включений. Данный способ и машины его реализующие предназначены, в основном, для работы на торфянистых грунтах, но могут быть применены и на минеральных, с учетом оговоренных ограничений.

Несмотря на все преимущества, способ глубокого фрезерования кустарника находит ограниченное применение из-за следующих недостатков:

- низкая производительность – 0,2–0,4 га/смена;
- большой расход горючего – 350–450 кг/га;
- быстрый износ режущих ножей;
- относительно высокая стоимость работ.

Выбор того или иного способа уничтожения древесно-кустарниковой растительности, в конечном итоге, осуществляется на основе технико-экономического сравнения возможных к реализации вариантов.

3.3 Уборка валунов и камней с территории объекта строительства

Каменистые включения на территории объекта строительства, в ряде случаев не позволяют эффективно осуществлять работы на нем и полноценно использовать земли. Поэтому засоренные камнями и валунами земли объектов строительства очищают.

Завалуненность земель оценивают по объему камней на 1 га в слое глубиной до 0,5–0,6 м, исходя из следующих норм:

- слабо завалуненные земли – 5–20 м³/га;
- средне завалуненные земли – 20–50 м³/га;
- сильно завалуненные земли – 50–100 м³/га;
- очень сильно завалуненные земли – 100–200 м³/га и более.

По крупности камни и валуны принято делить на очень крупные диаметром более 1,5 м; крупные диаметром 1,0–1,5 м; средние диаметром 0,6–1,0 м; небольшие диаметром 0,3–0,6 м и мелкие диаметром менее 0,3 м.

Технология уборки камня с территории строительства складывается из следующих процессов:

- 1) дробления отдельных очень крупных каменных глыб;
- 2) корчевки камней из земли;
- 3) сбора камня в кучи или перемещение его сразу за пределы территории строительства;
- 4) погрузки собранного камня в транспортные средства;
- 5) транспортировки камня с укладкой его в отведенном месте.

Основные способы уборки камней и валунов за пределы территории объекта строительства представлены в нижеследующей таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Основные способы уборки камней и валунов

Размер камня	Способ уборки
Очень крупные камни массой более 9–10 т	Дробление на месте
Отдельные крупные камни массой 3–9 т	Корчевка и поштучное удаление за пределы территории строительства
Камни массой до 3 т, диаметром 0,3–1,2 м	Корчевка, сборка в кучи, и вывоз за пределы территории строительства
Некрупные камни диаметром 0,12–0,65 м	Сбор специализированными камнеуборочными машинами циклического действия
Мелкие камни диаметром 0,05–0,3 м	Специализированными камнеуборочными машинами непрерывного действия

Дробление отдельных очень крупных каменных глыб может осуществляться посредством гидромолотов, как навесного оборудования на стрелу экскаватора, с жесткой подвеской или взрывом посредством взрывчатых веществ (ВВ).

Дробление крупных каменных глыб посредством гидромолота, как навесного оборудования на стрелу экскаватора представлено на нижеследующем рисунке 3.9.



Рисунок 3.9 – Дробление крупных каменных глыб посредством гидромолота

Взрывом дробление камней осуществляется следующими способами:

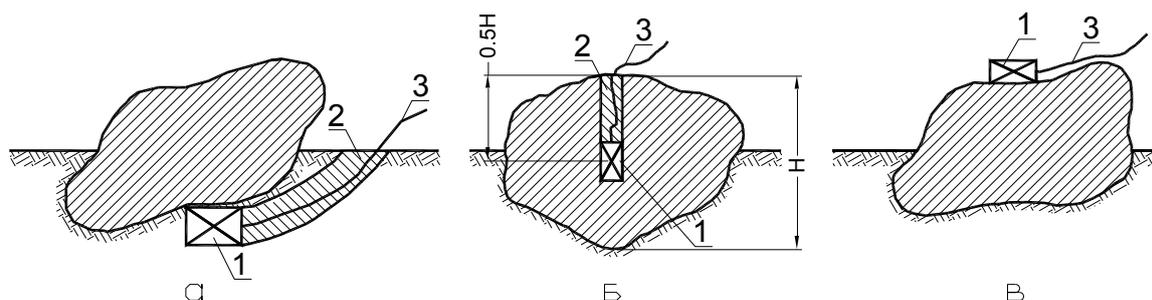


Рисунок 3.10 – Дробление камней взрывным способом:
 а – при ВВ в подкопе ниже камня;
 б – при ВВ в шпуре, пробуренном в камне;
 в – при ВВ выполненным накладным зарядом (простым или кумулятивным);
 1 – заряды ВВ; 2 – забойка; 3 – огнепроводный шнур

Собранный каменистый материал, непригодный для использования в строительных целях, рекомендуется транспортировать и сваливать в пониженные места (крупные ямы, овраги) с последующей засыпкой грунтом при планировке территории.

Все камнеуборочные работы рекомендуется производить посуху, с целью снижения не эффективных затрат, связанных с налипанием грунта как на камни, так и на строительную технику.

По технологии строительного производства после корчевки пней, кустарника, уборки камней, получившиеся ямы и неровности подлежат засыпке и выравниванию.

3.4 Работы с растительным слоем грунта на территории объекта строительства

При необходимости, осуществляют исправление рельефа местности, а также срезку растительного слоя грунта с целью последующей рекультивации верхнего слоя земли на территории объекта строительства, после его окончательного завершения. Основная машина при производстве данных видов работ бульдозер. Рабочие циклы бульдозера при разработке растительного слоя на строительной площадке представлены на нижеследующих рисунках.

Используя выше представленные циклы работы бульдозера можно осуществлять и планировку строительной площадки.

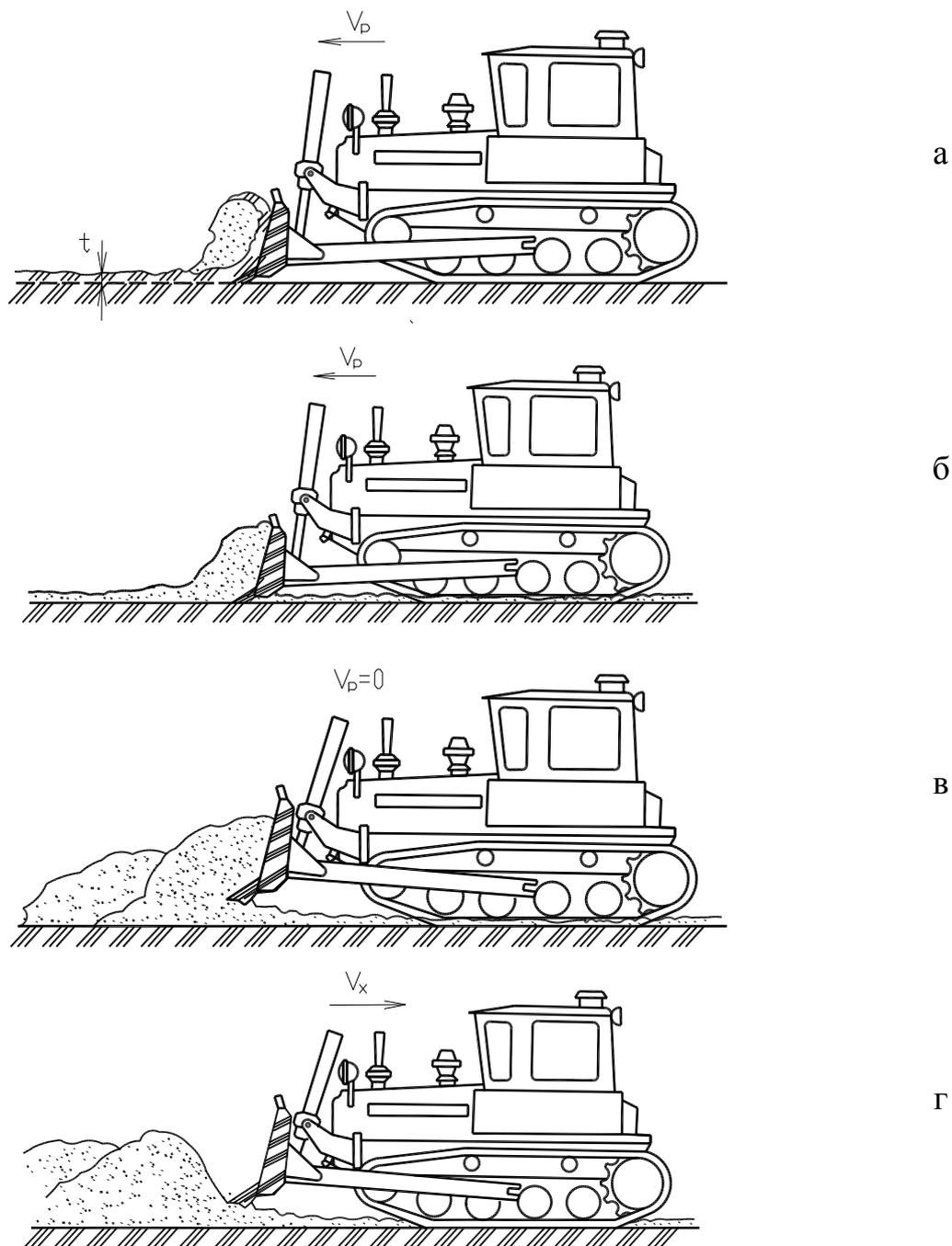


Рисунок 3.11 – Рабочие циклы бульдозера при разработке растительного слоя на строительной площадке:

а – резание растительного слоя грунта; б – транспортирование растительного слоя с подрезанием грунта; в – отсыпка грунта бульдозером; г – холостой ход бульдозера

В ряде случаев, при должном обосновании, на представленных работах могут найти применение и другие землеройно-транспортные машины.

3.5 Технологии и технические средства уплотнения грунта

При необходимости получить грунт в самом сооружении или в его основании с заданными физико-технологическими свойствами, грунт необходимо уплотнять.

Уплотнение позволяет увеличить плотность и как следствие, прочность грунта, водонепроницаемость, сопротивляемость размыву, повышается статическая устойчивость земляного сооружения.

На уплотняемость грунта влияют многие факторы: 1 – механический состав и связность грунта; 2 – начальная плотность грунта; 3 – влажность грунта; 4 – толщина уплотняемых слоев; 5 – примененный способ уплотнения; 6 – параметры применяемых машин; 7 – число проходов машин по одному месту.

Более интенсивно и легко уплотняются несвязанные грунты, между частиц которых отсутствуют прочные связи. Равномерного уплотнения можно достичь за счет укладки его тонкими слоями.

Процесс уплотнения грунта в значительной степени зависит от его влажности. Вода в данном случае выступает в роли смазки между частицами. Однако существует оптимум влажности превышение, которого приведет к снижению плотности грунта. Это объясняется тем, что вода несжимаема и при заполнении всех пор в грунте, дальнейшее ее увеличение лишь увеличивает долю плотности воды в характеристике грунта. Уплотнение грунта с наименьшими затратами может быть достигнуто при определенной влажности – которую называют оптимальной. Точную оптимальную влажность устанавливают в лаборатории оценкой проб грунта и при пробном уплотнении. Для предварительных расчетов и экспресс оценки ситуации необходимо ориентироваться на следующие пределы оптимальной влажности грунта при уплотнении (в %): песчаных – 7–11 %; супесчаных – 9–14 %; суглинистых – 13–20 %; тяжелых суглинков – 9–21 %; глин – 20–24 %.

Получение качественного основания или профильной насыпи связано реализацией последующих операций:

1 – подготовка основания под насыпь или основы перед каждым укладываемым слоем; 2 – доставка и отсыпка грунта; 3 – послойное разравнивание насыпанного грунта (исключение для скреперов); 4 – доувлажнение и выдерживание грунта до равномерного распределения влаги; 5 – собственно само уплотнение; 6 – срезка неуплотненных слоев грунта и его определение в основном массиве.

Наибольшее распространение получило статическое уплотнение катками. Катки используют: гладкие; кулачковые; пневмошинные; решетчатые.

Статическое уплотнение катками использует простые и очень надежные механизмы, большой производительности и сравнительно низкой стоимости, как каток представленный на рисунке 3.12. Катки используются в стесненных условиях, при большой крутизне уплотняемой поверхности (1/5), при уплотнении на глубину до 0,4м.

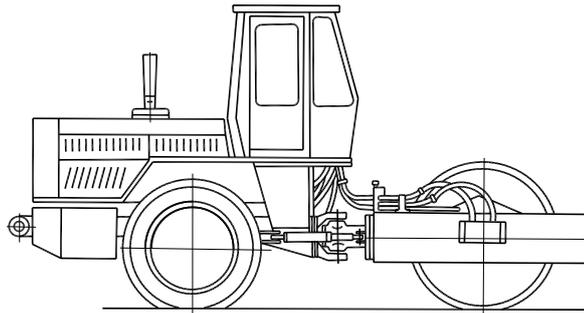


Рисунок 3.12 – Каток ДУ-57-1

Ряд грунтов эффективно уплотняется трамбованием или вибрацией. На практике находят применение трамбующие машины на базе гусеничного трактора, как представленный на рисунке 3.13, так и на базе экскаваторов с различным способом подвески стрелы, а значит и принципом организации энергии уплотнения, что представлено на рисунках 3.14 и 3.15

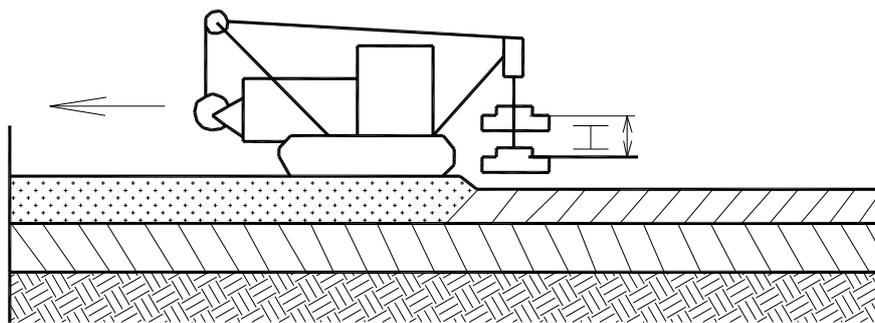


Рисунок 3.13 – Технологическая схема работы трамбующей машины на базе гусеничного трактора

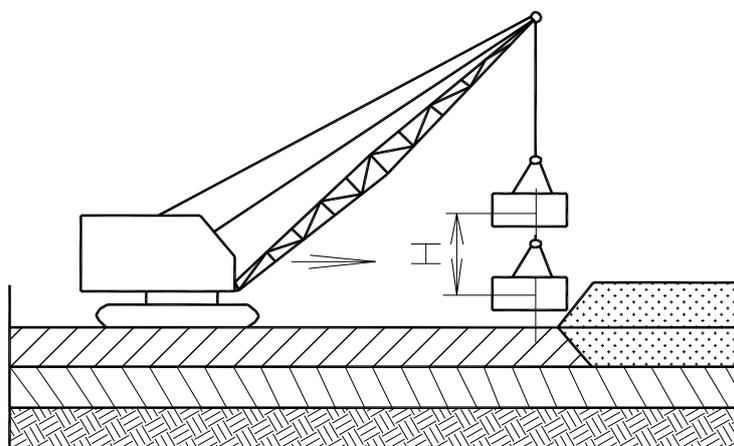


Рисунок 3.14 – Технологическая схема работы трамбующей машины на базе экскаватора с гибкой подвеской стрелы



Рисунок 3.15 – Машина на базе экскаватора с жесткой подвеской стрелы для уплотнения грунта вибрацией

3.6 Инженерная подготовка территории строительного объекта

Осуществление инженерной зачистки территории строительства, необходимо начинать с удаления или переноса существующих инженерных коммуникаций. Удаление или перенос существующих инженерных коммуникаций возможен лишь при получении всех согласований об отключении систем, (например – газо и водопроводных, эл. сетей и т.д.). После удаления или переноса существующих инженерных коммуникаций можно приступать или к производству земляных работ на объекте, или если на территории строительства есть здания подлежащие сносу или перемещению (последнее крайне редко), то необходимо выполнить эти работы.

Работы по сносу зданий в технологическом плане должны соответствовать требованиям предъявляемым к строительным машинам выполняющим данный вид работ. Так, например, бульдозером нельзя сносить здание или сооружение высотой большей, чем высота самой машины, это исключит возможность возникновения обрушения конструктива на машину и травматизм машиниста. Этим же принципом необходимо руководствоваться при сносе строений экскаватором. При этом обязательно для выполнения требования, что разрушение конструктива путем нажима ковшом экскаватора с жесткой подвеской стрелы, должно осуществляться лишь в направлении "от себя". Это правило распространяется и на ситуации когда для разрушения используется пандус, изготавливаемый в данном случае самим экскаватором.

Сносить здание или сооружение, особенно многоэтажное, целесообразнее специальными средствами, а именно с помощью гидроразрывщиков, таких как представлены на рисунке 3.16.

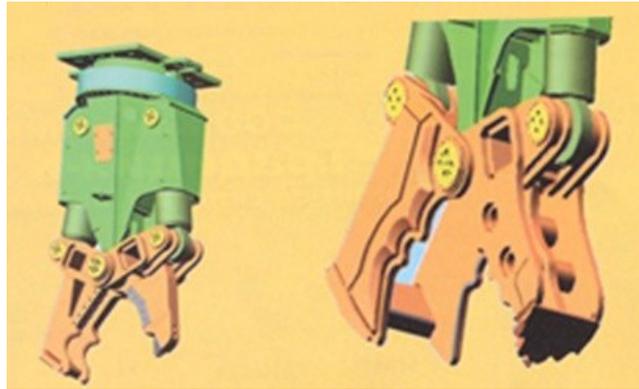


Рисунок 3.16 – Виды гидроножниц

В настоящее время существует значительное разнообразие подобных механизмов, способных разрезать даже железобетонные конструкции. Гидроножницы это навесное оборудование на стрелу экскаватора с жесткой подвеской, при этом если стрела экскаватора удлинённая то ее радиуса захвата хватает чтобы разрушить 4–5 этажное здание, даже без устройства пандуса, как, например, представлено на рисунке 3.17.

Разрушение всегда необходимо осуществлять в обратной последовательности процессу возведения здания. Разрушению здания или сооружения предшествует его обследование с составлением ведомости материалов пригодных для повторного использования, если таковые имеются. В большинстве случаев, если на объекте имеются материалы повторного использования, то для сноса здания необходимо разработать ППР (проект производства работ), где подробно расписываются виды работ, их последовательность, места складирования материалов по видам, а также путь их вывоза с объекта строительства.



Рисунок 3.17 – Снос многоэтажного здания с помощью гидроножниц и удлинённой стрелы

3.7 Водоотвод, водоотлив или искусственное водопонижение

Работы на строительном объекте подверженном воздействию вод поверхностного стока, в котлованах, затопляемых поверхностными или грунтовыми водами, сопряжены со значительными трудностями, требуют выполнения дополнительных строительных процессов, увеличивают сроки строительства и существенно удорожают его.

Защиту объекта строительства от воды поверхностного стока (дождь, тающий снег) осуществляют путем устройства со стороны повышенных горизонтальных отметок - нагорных канав, как представлено на рисунке 3.18. Данную схему можно применять как в курсовом, так и в дипломном проектировании.

При больших площадях водосбора, перед объектом строительства, за нагорной канавой еще устраивают кавальер обвалования, т.е. небольшой по высоте земляной вал, препятствующий попаданию вод на территорию объекта строительства.

В этом случае поверхностный сток посредством нагорных канав отводится от объекта строительства по рельефу местности, такой процесс называется водоотводом.

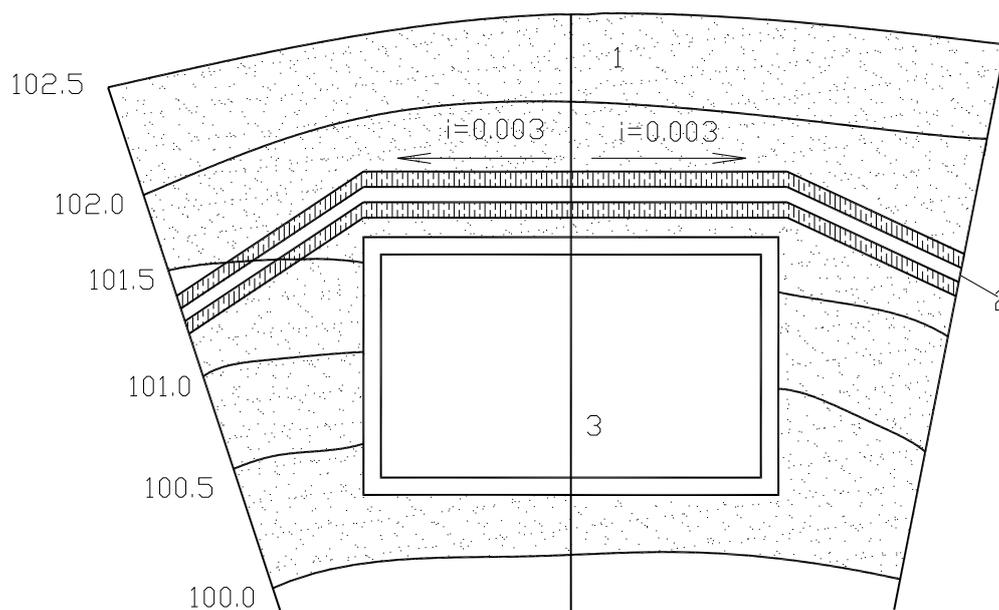


Рисунок 3.18 – План территории при защите от вод поверхностного стока:

- 1 – вышележащая над объектом территория, являющаяся для него площадью водосбора;
- 2 – нагорная канава; 3 – план территории строящегося объекта

В технологии строительного производства наиболее надежный и распространенный способ ведения работ в котловане это работы насухо. Именно

работами "насухо" выполняется более 95% всех строительных работ, при этом, по потребности, после осушения котлована.

Процесс осушения котлована можно разбить на две стадии:

1) котлован затоплен и требуется удалить слой воды в нем, после разработки грунта в нем черпанием из-под воды;

2) при углублении котлована и производстве последующих видов работ требуется держать котлован сухим, не допуская ее поступления.

Используются два основных способа осушения котлованов:

1 способ – это, так называемый, способ открытого котлована или открытого водоотлива, при котором все виды работ в котловане выполняют одновременно с его осушением и с откачкой, поступившей через стенки и дно котлована воды;

2 способ – это способ искусственного понижения уровня грунтовых вод с откачкой воды из колодцев, расположенных в плане и по вертикали так, чтобы не допустить поступления воды в котлован.

На выбор способа осушения влияет следующие факторы:

1) глубина заложения котлована или дна траншеи по отношению к уровню грунтовых вод (УГВ); 2) геологические и гидрогеологические условия котлована или траншеи (грунты стенок и дна, режим УГВ); 3) режим и уровень близлежащих водотоков; 4) тип сооружения и его размеры; 5) принятые способы производства работ.

Водоотлив из открытого котлована или траншеи требует несложных подготовительных работ и в целом мероприятие менее дорогое, чем искусственное понижение УГВ. При этом возможность его применения ограничивается случаями, когда фильтрующие грунтовые воды не в состоянии нарушить структуру грунтов основания сооружения, разрыхлить их и вызвать деформацию стенок и дна котлована.

Упрощенная схема применения водоотлива из открытого котлована или траншеи в не оплывающих устойчивых грунтах любых видов представлена на нижеследующем рисунке 3.19.

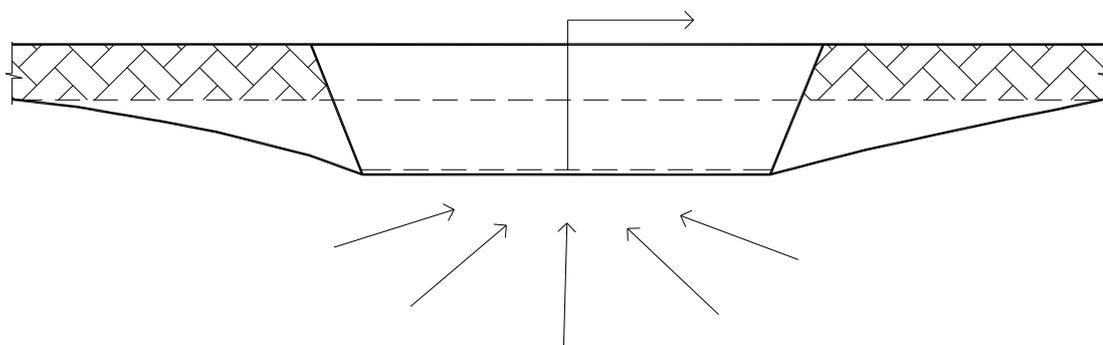


Рисунок 3.19 – Открытый водоотлив с откачкой воды насосами в не оплывающих устойчивых грунтах

Открытый водоотлив с откачкой воды насосами в не оплывающих устойчивых грунтах возможен лишь при следующих условиях:

- 1) при малых коэффициентах фильтрации (до 1 м/сутки);
- 2) при градиентах фильтрационного потока, обеспечивающих сохранение откосов и дна котлована в естественном состоянии.

В целом открытый водоотлив также применим в условиях, когда допустимо нарушение естественного сложения грунта откосов и в основании котлована, однако такие условия на строительных объектах бывают очень редко.

Еще возможная технологическая схема открытого водоотлива с откачкой воды насосами в оплывающих не устойчивых грунтах, но при креплении откосов, как показано на нижеследующем рисунке 3.20.

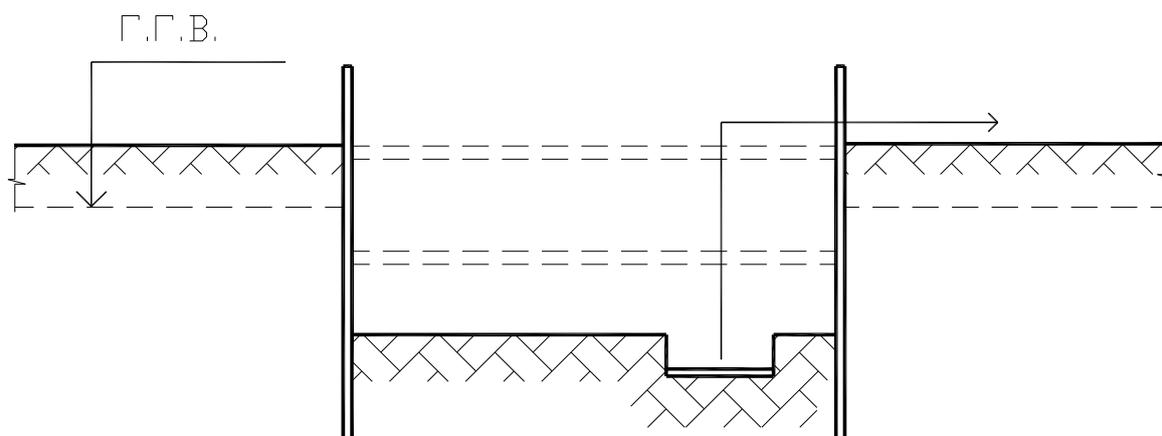


Рисунок 3.20 – Открытый водоотлив с откачкой воды насосами в оплывающих неустойчивых грунтах, при креплении откосов

В свою очередь деформация стенок и дна котлована может происходить в результате взвешивания грунта фильтрационным давлением и механической суффозии грунта, то есть вымывания из него мельчайших частиц, в результате чего нарушается статическая устойчивость откосов, грунт в основании сооружения разрыхляется и теряет несущую способность.

Подводя промежуточный итог можно отметить, что водоотлив из открытого котлована возможен если:

- 1) при неглубоком, по отношению к уровню грунтовых вод, заложении основания сооружения, когда градиенты фильтрующего потока, в начале откачки, небольшие;
- 2) при грунтах, сложенных из зерен крупных фракций (гравий, галечник, крупнозернистые не заиленные пески и др.);
- 3) при скальном основании, когда грунтовые воды поступают в котлован по трещинам и уровень их не установившийся;
- 4) при глинистых грунтах, обладающих свойством хорошего сцепления.

Для открытого водоотлива из котлованов применяют чаще всего обычные низконапорные центробежные насосы в комплекте с электродвигателями или автономными двигателями внутреннего сгорания. Воды из небольших

котлованов откачивают строительными насосными установками, смонтированными на раме с колесным ходовым оборудованием, а также передвижными насосными установками.

Размещение насосных установок каждый раз должно быть увязано с формой котлована и глубиной откачки. При глубине откачки, не превышающей высоту всасывания для насосов, их располагают на бровке котлована или на гребне перемычек.

При большой глубине откачки или по мере снижения горизонта воды в котловане, насосные установки переставляют ниже, устанавливают на промежуточных бермах, или опускают их на подвижной раме, или вообще монтируют на понтонах или плотках.

Для поддержания котлованов в осушенном состоянии на их дне, после откачки, устраивают водосборные канавки и приямки в самых низких местах. Стенки канав и приямков крепят, чтобы они не разрушались в процессе работы и занимали меньше места.

Приток воды для небольших по площади котлованов, можно определить по формуле:

$$Q = q \times F \times H, \quad (\text{м}^3/\text{ч}), \quad (3.7)$$

где: F – площадь котлована, (м^2);

H – напор грунтовых вод, (м);

q – удельный приток воды на 1 м^2 площади котлована, при напоре 1 м, ($\text{м}^3/\text{ч}$).

При мелкозернистых песчаных грунтах, супесях, залегающих однородно или послойно между грунтами, в любых видах суффузирующих глин, требуется водоотлив с понижением уровня грунтовых вод в не котлована, как показано на нижеследующем рисунке 3.21.

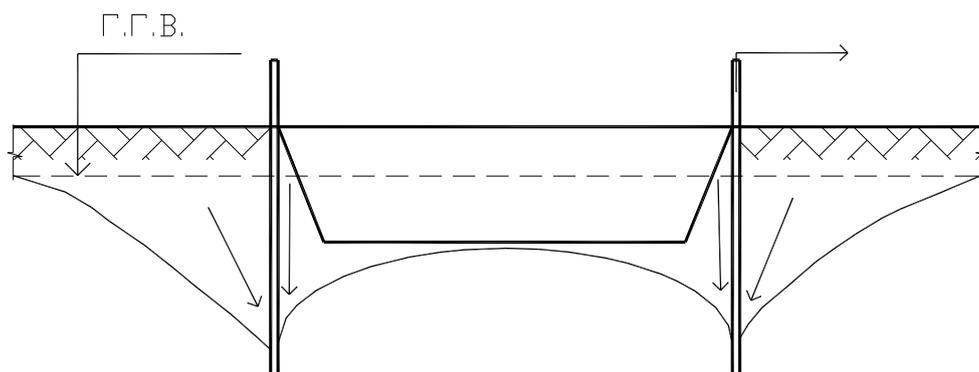


Рисунок 3.21 – Грунтовый водоотлив с понижением уровня грунтовых вод

Искусственное понижение уровня грунтовых вод можно осуществлять, применяя горизонтальное или вертикальное дренирование.

В строительстве обычно применяют вертикальный дренаж в виде шахтных или трубчатых колодцев, оборудованных насосными установками разных типов.

Шахтные колодцы, в свою очередь, хотя и несколько эффективнее трубчатых в работе, но требуют значительно больших затрат при устройстве, как материальных, так и по людским ресурсам, имеют ограниченную глубину понижения уровня грунтовых вод до 4–6 м, и в настоящее время шахтные колодцы применяют крайне редко.

В зависимости от размеров котлована, глубины расположения водоупора, фильтрационной способности грунтов, имеющегося оборудования, задача понижения уровня грунтовых вод может быть решена по-разному:

- 1) меньшим количеством более глубоких колодцев или дрен;
- 2) большим количеством колодцев или дрен, меньшей глубины.

В частных случаях водопонижение при небольших по площади котлованах может быть осуществлено одиночными глубокими дренами или колодцами, как показано на нижеследующем рисунке 3.22.

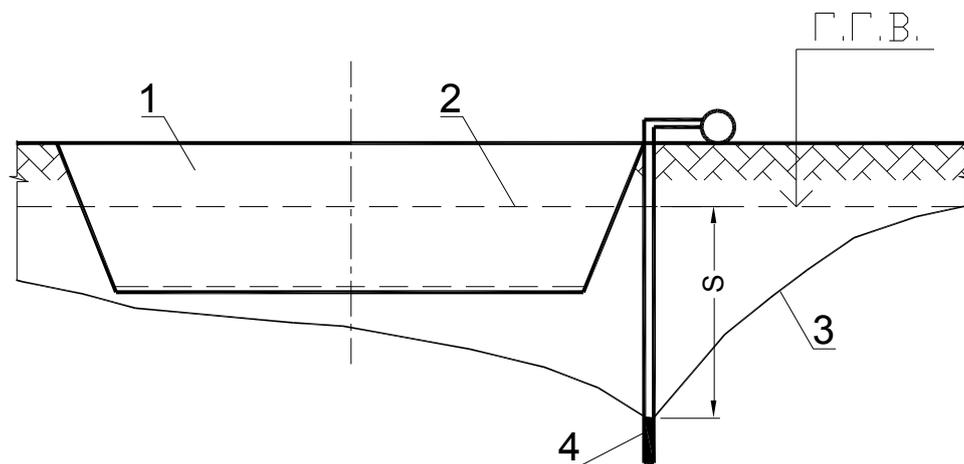


Рисунок 3.22 – Схема осушения небольших котлованов системой одиночных глубоких скважин или колодцев:

- 1 – котлован; 2 – горизонт грунтовых вод (ГГВ); 3 – кривая депрессии;
4 – одиночная глубокая скважина или колодец

При линейных сооружениях осушение также необходимо осуществлять линейно расположенными скважинами или группой скважин, как показано на нижеследующем рисунке 3.23.

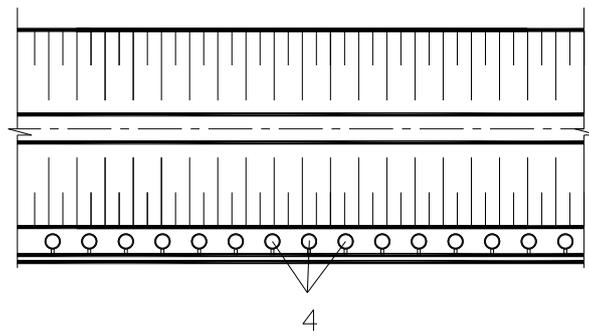


Рисунок 3.23 – Осушение линейных сооружений линейно расположенными скважинами или группой скважин:
4 – линейно расположенные скважины

Данные технологические схемы можно применять как в курсовом, так и в дипломном проектировании.

3.8 Устранение притока воды в котлованы экранизацией

3.8.1 Устройство ограждающих экранов вокруг котлованов из глинистых грунтов

Устранение притока воды в котлованы, при обязательном наличии достигаемого водоупора, можно добиться путем устройства ограждающих экранов вокруг котлованов из глинистых грунтов, цементов и их смесей, как показано на рисунке 3.24.

Наиболее рационально осуществлять подобное устранение притока воды в котлованы в неустойчивых оплывающих грунтах.

Условия применения устранения притока воды в котлованы посредством ограждающих экранов из глины нижеследующие:

1 – обязательное наличие близкого водоупора; 2 – добиться хорошего эффекта можно только в сильно фильтрующих грунтах; 3 – в связи с большими трудозатратами способ реализуем только на небольших по площади котлованах.

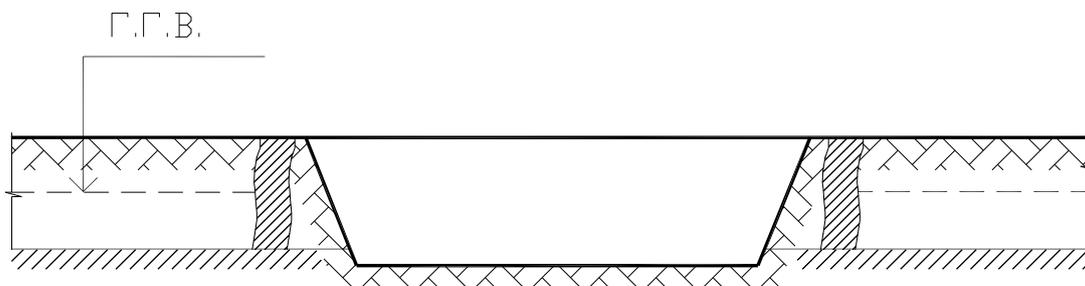


Рисунок 3.24 – Устройство ограждающих экранов из глины

3.8.2 Устройство ограждающих экранов вокруг котлованов цементацией, битумизацией или силикатизацией грунтов

Все указанные способы устранения притока воды в котлованы доступны к реализации только при обязательном наличии достигаемого водоупора. Однако если водоупор достигаем, то данный способ возможен к реализации даже на неустойчивых оплывающих грунтах.

Принципиальная схема реализации способа устранения притока воды в котлован посредством цементацией, битумизацией или силикатизацией грунтов представлена на нижеследующем рисунке 3.25.

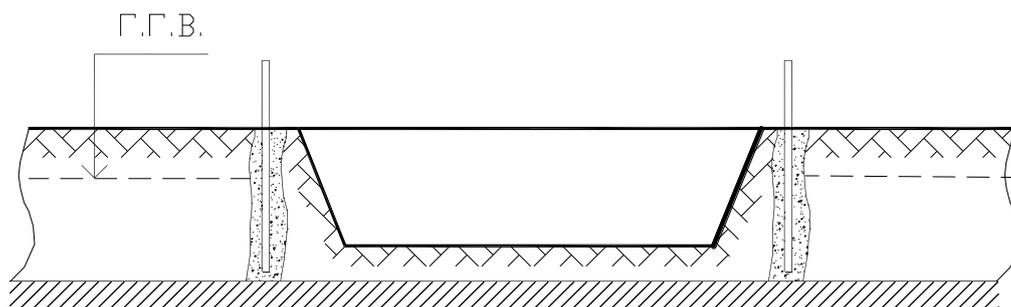


Рисунок 3.25 – Принципиальная схема устранения притока воды в котлован посредством цементацией, битумизацией или силикатизацией грунтов

Технология реализации закрепления грунтов цементацией, битумизацией или силикатизацией, нижеследующая:

1) определяют вид наиболее эффективного воздействия на грунт из перечисленных (цементацией, битумизацией, силикатизацией);

2) формируют и определяют вид технологического оборудования для реализации задачи закрепления грунтов;

3) на нужную глубину (в основном это до водоупора) сверлят литерные скважины*;

*количество литерных скважин и расстояние между ними зависит от свойств грунтов и принятого способа их закрепления.

4) под давлением, выбранным раствором, эжектируют литерные скважины;

5) эффект от эжекции в грунте т. е. объемы цилиндрических призм, полученных в результате воздействия раствором, должны перекрываться по близлежащим скважинам.

При малых размерах котлованов, закрепление грунтов цементацией, битумизацией, силикатизацией должно осуществляться в сочетании с закреплением грунтов под основным сооружением, особенно при отсутствии «оперения» на водоупор.

Осушение котлованов не требуется при производстве работ кессонным способом, а также при производстве подводного бетонирования.

4 Теоретическое обоснование параметров технологического проектирования

4.1 Обоснование размеров строительной площадки

Размеры строительной площадки в плане, прежде всего, зависят от размеров здания или сооружения в плане и по высоте. Именно эти факторы определяют те средства механизации, с помощью которых должно осуществляться строительство. Учтя путь крана вокруг здания (для самоходных стреловых типа КС), или путь с одной стороны (для башенных кранов типа КБ), необходимо также иметь в виду, что в зоне работы крана должны быть расположены открытые склады, для материалов и оборудования, а также дороги, по которым должна осуществляться связь строительной площадки с внешним миром. Вне зоны работы крана располагаются временные здания и сооружения, закрытые складские помещения, щиты с противопожарным инвентарем, трансформаторная подстанция, световое оборудование, для освещения территории строительства в ночное время, временное ограждение строительной площадки, с двумя въездами-выездами, и другая инфраструктура обязательная при нормальном производстве строительных работ. Необходимо предположить, что все вышеперечисленные объекты инфраструктуры строительства, должны быть расположены на территории строительной площадки, для которой осуществляются подготовительные работы и ведутся планировочные работы. Именно такой подход к организации территории определяет ее размеры в плане.

4.2 Основные правила разбивка строительной площадки на элементарные фигуры

Всю площадь строительной площадки, обоснованную ранее, необходимо разбить на элементарные фигуры, с учетом следующих алгоритмов:

1) планируемая площадка разбивается на квадраты, сторона которых принимается от 10 до 100 м, в зависимости от рельефа местности. При этом в каждом квадрате сетки должна быть одна или две горизонтали;

2) проектируемое здание (сооружение) размещается в центральной части площадки, по осям Декартовых координат, таким образом, чтобы за его пределами находилось не менее 1–2 полных квадрата сетки, как например, на рисунке 4.1.

3) все квадраты сетки должны быть последовательно пронумерованы, начиная с верхнего левого и заканчивая правым нижним, осуществляя обход по часовой стрелке. Номера проставить в центре квадратов. Используя этот же принцип нумерования необходимо осуществить нумерацию всех вершин

квадратов. Номера вершин квадратов проставить рядом с вершинами квадратов арабскими цифрами (1, 2, 3 и т. д.).

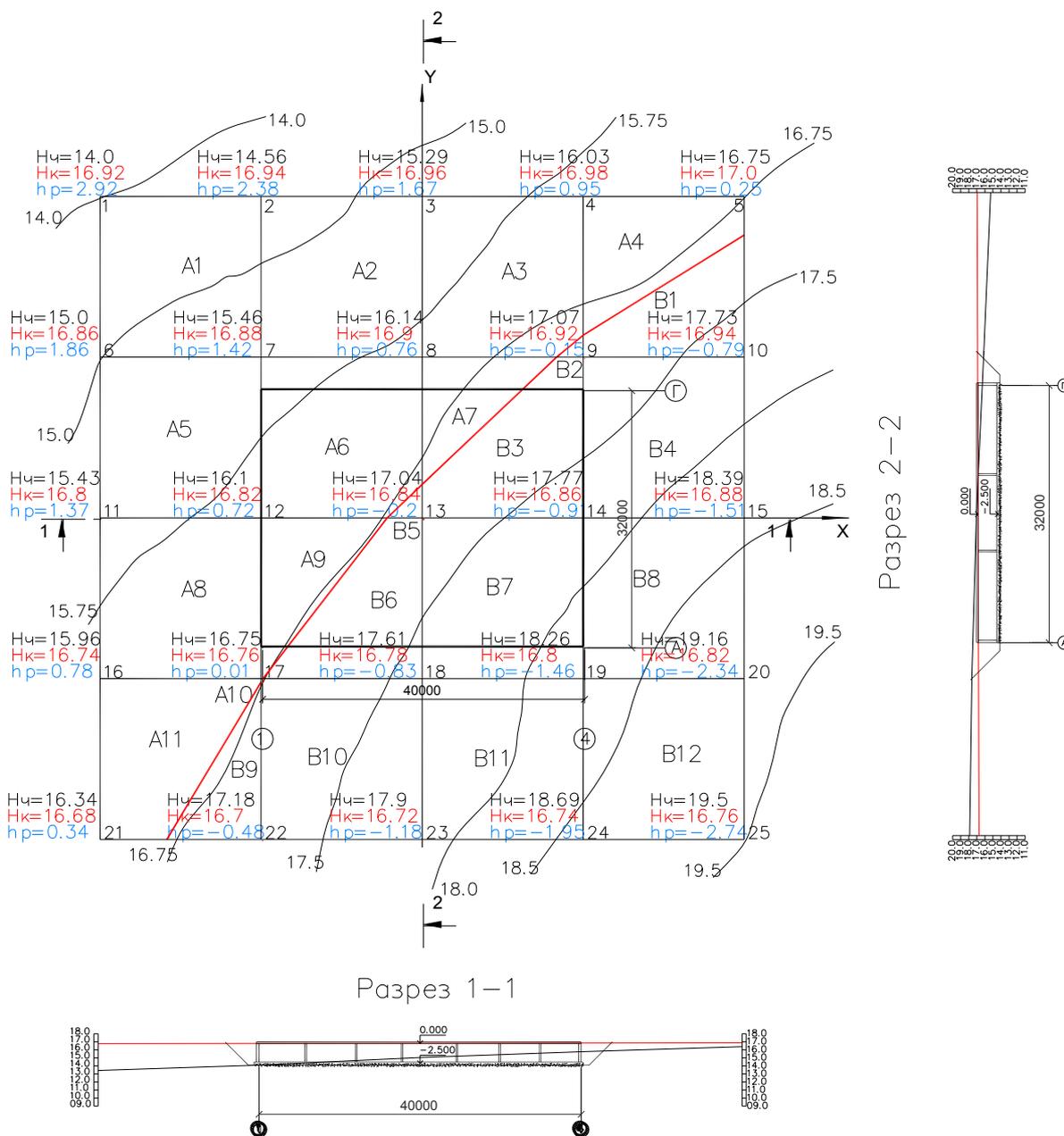


Рисунок 4.1 – Принципиальная схема компоновки здания и квадратов сетки на плане строительной площадке

4.3 Определение топографических, планировочных и рабочих отметок вершин элементарных фигур

Используя методы интерполяции и экстраполяции на топографическом плане находят значения «черных», «красных» и «синих» (рабочих отметок) вершин элементарных фигур в следующей последовательности:

1) вначале определяются «черные» отметки поверхности грунта в вершинах квадратов, обозначаемые $H_{ч}$, путем линейной интерполяции или экстраполяции.

Черная отметка любого угла квадрата, лежащего между двумя горизонталями, равна:

$$H_{ч} = H_{г} \pm \left(\frac{d \cdot j}{l} \right), \quad (4.1)$$

где: $H_{ч}$ – отметка ближайшей к углу или дальней горизонтали, м;
 j – превышение между горизонталями, м;
 d – кратчайшее расстояние от ближайшей к углу или дальней горизонтали до искомого угла, м;
 l – кратчайшее расстояние между горизонталями, м.

Величины d и l определяют графически.

Знаки плюс или минус принимаются с учетом направления естественного уклона поверхности площадки, как представлено на рисунке 4.2.

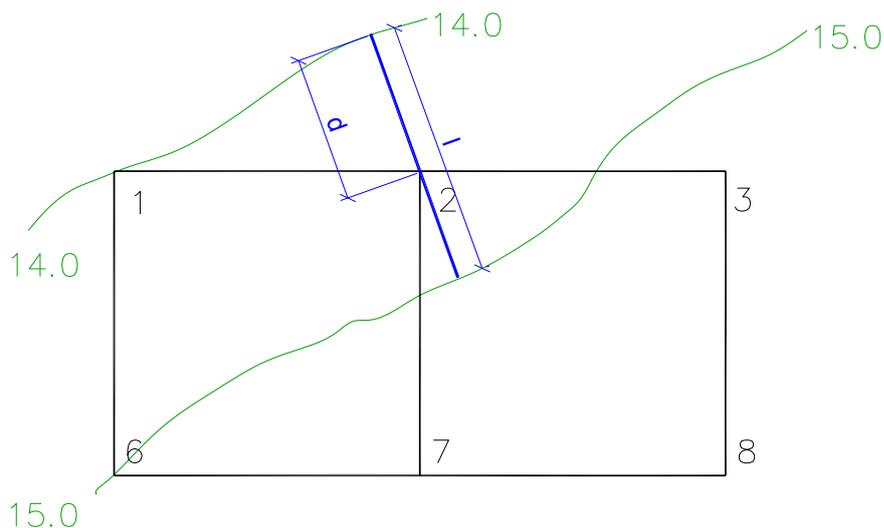


Рисунок 4.2 – Расчетная схема к методу линейной интерполяции

2) по методу квадратных призм, определяют среднюю планировочную отметку H_{cp} проектируемой строительной площадки по формуле:

$$H_{cp} = \frac{\sum H_1 + 2 \cdot \sum H_2 + 4 \cdot \sum H_4}{4 \cdot n}, \quad (4.2)$$

где: $\sum H_1, \sum H_2, \sum H_4$ – суммы «чёрных» отметок вершин квадратов, в которых сходятся одна, две и четыре вершины, соответственно;
 n – количество квадратов сетки на строительной площадке.

Проектируемая плоскость на строительной площадке не должна быть горизонтальной. Для отвода вод поверхностного стока проектируемая плоскость строительной площадки должна иметь уклоны, как по оси абсцисс i_x , так и по оси ординат i_y , с общим направлением падения уклона в сторону понижения рельефа местности.

«Красные» (проектные) отметки вершин квадратов сетки на строительной площадке при заданных уклонах i_x и i_y могут быть определены следующим образом:

$$H_{кр} = H_{cp} \pm i_x \cdot l_{1..n}^x \pm i_y \cdot l_{1..n}^y, \quad (4.3)$$

где: $l_{1..n}^x$ и $l_{1..n}^y$ – соответственно расстояние от центра Декартовых координат до рассматриваемой вершины квадрата площадки по оси абсцисс и по оси ординат, м.

«Рабочие» отметки вершин квадратов определяются по нижеприведенной формуле и показывают, в соответствии со знаком, сколько необходимо досыпать или срезать грунта в каждой вершине квадратов сетки на строительной площадке:

$$h_p = H_{кр} - H_ч. \quad (4.4)$$

Знак «+» означает рабочую отметку насыпи, знак «-» выемки.

Расчет планировочных отметок вершин квадратов целесообразнее свести в нижеследующую таблицу 4.1:

Таблица 4.1 – Расчет планировочных отметок вершин квадратов

Номер вершины квадрата	$H_ч$	H_{cp}	$l_{1..n}^x$	$l_{1..n}^y$	$\pm i_x l_{1..n}^x$	$\pm i_y l_{1..n}^y$	$H_{кр}$	h_p
1								
2								
-								
-								
n								

4.4 Определение отметок «нулевой линии» на сетке элементарных фигур

Если на строительной площадке имеется часть площади, где осуществляется срезка грунта, с последующим транспортированием и укладкой его в качественную насыпь на остальной части, то где-то будет проходить разделительная линия между выемкой и насыпью. Такая разделительная линия, на которой не осуществляются ни работы по выемке грунта, ни работы по его насыпи, носит название «нулевой» линии.

Положение отметки «нулевой» линии на сетке квадрата будет только на той его стороне, где от вершины к вершине будет осуществлена смена знака с «+» на «-», или наоборот. При этом необходимо учесть, что в каждом квадрате сетки, где по вершинам есть смена знака, обязательно должна быть точка входа в квадрат «нулевой» линии и точка выхода ее из квадрата, образующие собственно саму «нулевую» линию, при соединении этих точек.

Положение отметок «нулевой» линии на сетке квадратов определяют на основании значений рабочих отметок вершин квадратов по нижеследующей формуле:

$$X = \frac{h_p' \cdot a}{h_p' + h_p''}, \quad (4.5)$$

где: X – расстояние от угла квадрата с рабочей отметкой h_p' до точки пересечения стороны квадрата с нулевой линией, м.;
 h_p' и h_p'' – рабочие отметки в углах квадрата в абсолютных величинах независимо от знака, м.

Таким образом, используя значения планировочных отметок вершин элементарных фигур, определяют положение отметок «нулевой линии», то есть линии, где нет перемещения земляных масс.

4.5 Расчет объемов грунта при вертикальной планировке строительной площадки

Осуществляется расчет объемов грунта предполагаемого к перемещению при устройстве планировочных работ и работ на «нулевом» цикле в обязательном порядке с учетом линии нулевых работ. Именно линия нулевых работ разбивает план на два вида призм:

– первый, наиболее многочисленный вид призм, это призмы имеющие одноименные знаки в вершинах квадратов. Либо все вершины со знаком «плюс» либо все со знаком «минус». Это призмы «одноименные» и требующие либо полной срезки, до планировочной отметки, либо полной насыпи, с соответствующим уплотнением, и также до отметок проектной плоскости.

– второй вид призм это призмы, через которые проходят линии нулевых работ. Именно эти линии делят призмы на две части, в одной из которых необходимо осуществлять насыпь, а в другой наоборот выемку.

Ряд авторов употребляют для представленных призм различные специальные названия, это «разноименные» или «переходные» призмы.

Расчет объемов грунта для каждого вида призм осуществляется по собственной методике.

В случае «полной» четырехгранной призмы ее объем определяется из выражения:

$$V = \frac{a^2}{4}(h_1 + h_2 + h_3 + h_4), \quad (4.6)$$

где: а – сторона квадрата, м;
 $h_1 ; h_2 ; h_3 ; h_4$ – рабочие отметки вершин квадратов без учета знака.

В соответствии с рисунком 4.1 к полным призмам отнесены следующие: А1, А2, А5, А8, В4, В7, В8 и т. д.

В случае переходных квадратов (призм), т. е. имеющих противоположные знаки в вершинах объем грунта выемки V_v и насыпи V_n находят по формуле:

$$V_{B(H)} = \frac{a^2(\sum h_{e(H)})^2}{4(\sum h_e + \sum h_n)}, \quad (4.7)$$

где: h_e и h_n – рабочие отметки вершин квадратов выемки и насыпи;
 $\sum h_e$ и $\sum h_n$ – суммы абсолютных значений рабочих отметок выемки и насыпи.

При расчете объемов грунта в откосах последние представляют с помощью элементарных фигур. В свою очередь данные объемы определяют с использованием известных геометрических формул. При этом необходимо помнить, что, в основе своей, объемы откосов подлежат обратной засыпке по завершению определенных этапов строительства.

Объем котлованов (траншей), огражденных с двух противоположных сторон наклонными стенками, находят по нижеприведенным формулам и рисунку 4.3

$$V = \frac{h}{6}a(b + d), \quad (4.8)$$

$$V = \frac{h}{6}[ab + (l + c)(b + d) + cd]. \quad (4.9)$$

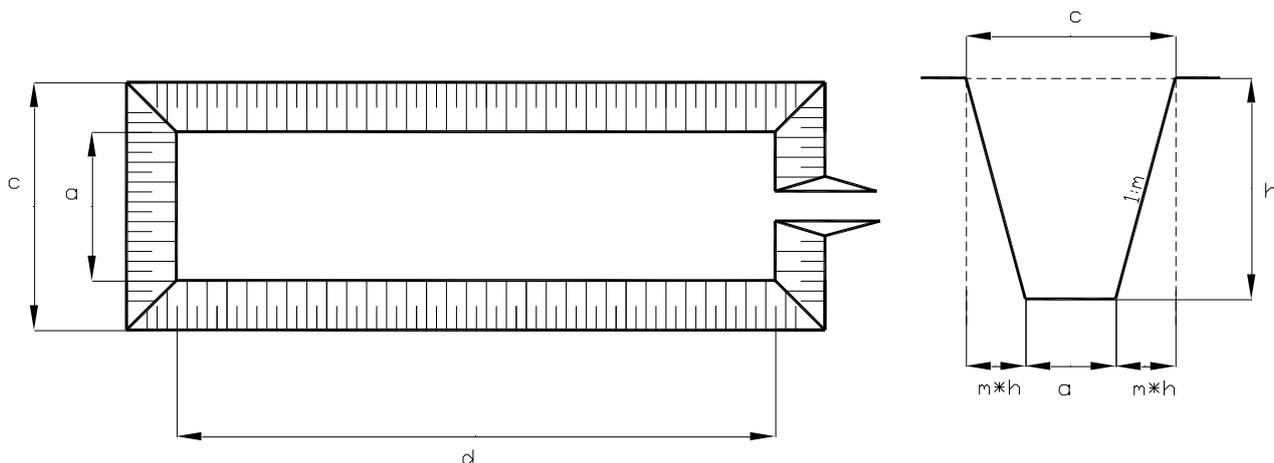


Рисунок 4.3 – Расчетная схема к определению объема грунта в котловане (траншеи)

4.6 Расчет объемов недобора грунта и грунта обратной засыпки

При определении объемов котлованов и траншей следует иметь в виду, что грунт дна котлована (траншеи) не должен иметь нарушений структуры. Исходя из этого при работе землеройных машин допускается недобор грунта зависящий от вида рабочего оборудования используемой машины, представленный в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Недобор грунта (см) допускаемый при различном рабочем оборудовании землеройных машин

Вид землеройной машины	Ёмкость ковша экскаватора, м ³			
	0,25-0,4	0,5-0,65	0,8-1,25	1,5-2,5
Экскаватор с оборудованием прямая лопата	5	10	10	15
Экскаватор с оборудованием обратная лопата	15	15	20	20
Экскаватор с оборудованием драглайн	15	20	25	30

Объем зачистки дна котлована (траншеи) до проектных отметок определяется из следующих формул:

$$V_{к(мп)} = F_{к(мп)} \Delta_i \quad (4.10)$$

где: $F_{к(мп)}$ – площадь дна котлована (траншеи), м²;

Δ_i – высота слоя недобора (берется по таблице 4.2), м.

Технологически отметки дна котлована при любом способе его разработки необходимо доводить до проектных отметок. Это осуществляется использованием различных конструктивно-технологических приемов. Например, при разработке котлована в трещиноватых скальных породах, целесообразнее осуществить перебор по выемке грунта с последующим доведением отметок до проектных устройством подбетонки, что снизит трудозатраты и повысит качество основания. При разработке котлована в глинистых и суглинистых породах, в ряде случаев, также допустим перебор отметок основания, однако, как и в первом случае, грунт должен быть заменен на более качественный, как основание. В рассматриваемой ситуации необходимо предусмотреть обратную подсыпку с уплотнением из гравийно-песчаных грунтов.

Объем грунта для обратной засыпки пазух котлована и траншей, пандуса и других объемов определяется с учетом грунта откосов, устраиваемых по контуру планируемой площадки и объема, занимаемого фундаментом. Участки откосов в торцах котлованов разбивают, как и при планировке площадки, на угловые пирамиды и промежуточные призматомиды, объемы грунта в которых определяют по известным геометрическим формулам.

Обратная засыпка пазух производится сразу после окончания работ по устройству фундаментов и набора им необходимой прочности (не менее 75 % от проектной). Устройство обратной засыпки осуществляют как можно раньше исходя из соображений использования процессов не только искусственного уплотнения грунта, но и самоуплотнения, ведь над пазухами фундаментов зданий будет устраиваться отмостка, которая должна иметь устойчивое основание.

4.7 Баланс разрабатываемых земляных масс

С целью оптимизации трудовых затрат и материальных ресурсов, хотя как правило эти величины коррелируемые, при разработке проектных решений стремятся к балансу разрабатываемых земляных масс. Это означает, что объем грунта выемки, с учетом коэффициента остаточного разрыхления K_{op} , должен приблизительно равняться объему грунта насыпи. Баланс разрабатываемых масс считается удовлетворительным при разности в пределах 5 %.

Формула для расчета баланса масс представляется в следующем виде:

$$\sum V_v K_{op} = \sum V_n \quad (4.11)$$

или

$$\Delta V = \sum V K_{op} - \sum V_n \quad (4.12)$$

где: V_v, V_n – объемы грунта соответственно в выемке и насыпи, м³;
 K_{op} – коэффициент остаточного разрыхления грунта
 (приложение А).

В случае если разность ΔV – больше или меньше 5 %, то необходимо ввести поправку к средней планировочной отметке площадки H_{cp} и повторить вычисления.

Весьма условно, в первом приближении, поправку к средней планировочной отметке можно рассчитать по следующей формуле:

$$\Delta h_0 = \frac{\Delta V}{F_{nl} - F_{zc}} \quad (4.13)$$

где: F_m – поверхность площадки, м²;
 F_{zc} – площадь земляного сооружения по верху, м².

Окончательные результаты подсчета земляных работ сводятся в таблицу 4.3. Справочные данные для определения объемов приведены в приложении А.

Таблица 4.3 – Ведомость объемов земляных масс при планировке строительной площадки

№	Геометрические объёмы земляных масс, V м ³		K _{ор}	K _{перв.}
	Насыпь «+» (А)	Выемка «-» (В)		
1				
2				

где: K_{ор} и K_{пер} соответственно коэффициенты остаточного и первоначального разрыхления грунта, приводимые в приложении А.

4.8 Определение оптимальной схемы перемещения земляных масс

При планировке строительной площадки перемещение грунта из выемки в насыпь является самым трудоемким процессом. Поэтому необходимо найти вариант перемещения грунта, при котором расстояние перемещения будет наименьшим. Для определения среднего расстояния перемещения грунта из выемки в насыпь обычно применяют метод статических моментов или шахматный баланс.

При составлении шахматного баланса решается задача определения минимума транспортной работы. В свою очередь транспортная работа определяется произведением объема перемещаемого грунта на расстояние перемещения.

Формула минимизации транспортной работы математически представляется в виде:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n V_{ij} C_{ij} \longrightarrow \min, \quad (4.14)$$

где: V_{ij} – объемы грунта, перевозимого из i -ой фигуры выемки в j -ю фигуру насыпи, м³;
 C_{ij} – расстояние перевозки от i -ой выемки до j -й насыпи, м.

Для решения вопроса минимизации транспортной работы, вначале находимо найти центры тяжести фигур выемки и насыпи. Из элементарной математики известно, что, например, центр тяжести треугольника лежит на пересечении медиан; центр тяжести прямоугольника, параллелограмма, квадрата находится в точке пересечения диагоналей; центр тяжести трапеции лежит на середине средней линии или на прямой соединяющей центры оснований. Далее необходимо определить расстояние между центрами тяжести плоских элементарных фигур, что можно сделать по следующей формуле или графо-аналитически:

$$l_{i-j} = \sqrt{(y_{iz} - y_{jz})^2 + (x_{iz} - x_{jz})^2} \quad , \quad (4.15)$$

где: X_i и Y_i – координаты центра тяжести фигур насыпи;

X_j и Y_j – координаты центра тяжести фигур выемки.

Имея объемы призм, как выемки, так и насыпи, и расстояния между центрами тяжести данных фигур, далее решается задача шахматного баланса. При расчетах вручную составляют таблицы шахматного баланса, по форме представленной далее по тексту. В первую таблицу все без исключения объемы призмы насыпи, обозначенные заранее как «В», записываются в строчку, под обозначением, а все без исключения объемы призмы выемки «А» записываются в столбец, также рядом с обозначенным объемом призмы выемки «А», как приведено в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Баланс грунта при планировке строительной площадки

Квадраты выемки	Объем грунта выемки	Квадраты насыпи					
		B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆
		Требуемое количество грунта в насыпь					
		2810	2160	1820	1200	700	500
1	2	3	4	5	6	7	8
A1	200	$\frac{140}{-}$	$\frac{160}{-}$	$\frac{225}{-}$	$\frac{50}{200}$	$\frac{100}{-}$	$\frac{170}{-}$
A ₂	1020	$\frac{175}{-}$	$\frac{120}{-}$	$\frac{155}{-}$	$\frac{120}{-}$	$\frac{145}{700}$	$\frac{100}{320}$
A3	840	$\frac{230}{-}$	$\frac{150}{-}$	$\frac{125}{660}$	$\frac{205}{-}$	$\frac{110}{-}$	$\frac{50}{180}$
A4	3710	$\frac{200}{2710}$	$\frac{225}{-}$	$\frac{285}{-}$	$\frac{105}{1000}$	$\frac{155}{-}$	$\frac{240}{-}$
A5	1520	$\frac{225}{-}$	$\frac{200}{1520}$	$\frac{225}{-}$	$\frac{150}{-}$	$\frac{120}{-}$	$\frac{165}{-}$
A6	1900	$\frac{285}{100}$	$\frac{225}{640}$	$\frac{200}{1160}$	$\frac{230}{-}$	$\frac{165}{-}$	$\frac{130}{-}$

Далее выполняется распределение грунта по строчкам матрицы (таблица 4.4), в которой каждая ячейка разделена на 2 части. В верхней части представлены найденные заранее расстояния между центрами тяжести фигур, в нижней - объемы перемещаемого грунта. Начиная с первой фигуры выемки «А₁», выбираем наименьшее расстояние между нею и всеми фигурами насыпи "В", и в соответствующей клетке (А₁–В₄) записываем потребность грунта для данной фигуры насыпи «В₄». Так как в данном случае весь грунт выемки «А₁» может разместиться в насыпи «В₄», то в других ячейках таблицы, соответствующих фигурам насыпи делаем прочерки. После этого переходим к распределению объема грунта следующей выемки «А₂», и так далее.

Количество заполненных клеток «N» должно быть:

$$N=i + (J - 1); \quad (4.16)$$

где: J – количество фигур выемки;
i – количество фигур насыпи.

Производим подсчет транспортной работы «Z_{1min}» по формуле 4.17. Когда именно по заполненным клеткам, применяя формулу, транспортная работа определится произведением объема перемещаемого грунта на расстояние перемещения.

$$Z_{1min}=C_{ij} \times V_{ij}.. \quad (4.17)$$

Аналогично производится распределение грунта по столбцам матрицы таблицы 4.4 и также производится подсчет транспортной работы «Z_{2min}».

Выбираем тот вариант перемещения грунта между «Z_{1min}» и «Z_{2min}», в котором транспортная работа меньше. По фактически наименьшей транспортной работе «Z_{min}», зная объем выемки «V_в», находим среднее расстояние перемещения грунта по планируемой площадке из выражения:

$$L_{cp} = \frac{Z_{min}}{V_{в}}. \quad (4.18)$$

По варианту, в котором транспортная работа меньше, делается схема перемещения земляных масс. Эта схема является заданием механизаторам для осуществления планировочных работ на территории строительной площадки. Однако далее встает вопрос, какими строительными машинами и при реализации каких технологических схем будет осуществляться производство земляных работ.

5 Выбор и обоснование технологии, способов и средств производства земляных работ

Высокая эффективность производства земляных работ может быть достигнута только при полной комплексной механизации производства работ, предусматривающей выполнение основных и вспомогательных процессов с помощью рациональных звеньев машин, увязанных между собой по технологическому назначению и по уровню производительности. Выбранные звенья и отдельные машины комплекта землеройно-транспортных, или землеройных машин должны работать как единый механизм, выполняя отдельные процессы в последовательном порядке непрерывным потоком. Достичь этого можно лишь при всестороннем учете конструктивно-технологических возможностей предлагаемых средств механизации.

5.1 Анализ строительных процессов при вертикальной планировке строительной площадки

При вертикальной планировке строительной площадки, после завершения работ подготовительного периода, в общем, могут быть реализованы последовательно или выборочно следующие основные виды строительных процессов:

- отведение вод поверхностного стока за территорию строительного объекта путем устройства нагорной канавы и (или) дамбы обвалования;
- разработка растительного слоя грунта и перемещение его в отвал, с целью последующего использования при рекультивации территории;
- разработка грунта в призмах выемки на строительной площадке, а при необходимости и его предварительное рыхление, с перемещением в призмы насыпи;
 - разравнивание, доувлажнение, послойное уплотнение грунта в насыпи;
 - разработка грунта в котловане (траншее);
 - перемещение грунта разработанного в котловане в призмы насыпи;
 - доработка грунта в котловане;
 - окончательная планировка строительной площадки.

Исходя из большого многообразия реальных ситуаций количество и виды строительных процессов на строительных площадках, при реализации вертикальной планировки могут изменяться, дополняться и уточняться.

5.2 Обоснование и выбор способа производства земляных работ

Способ комплексно-механизированного производства земляных работ выбирают на основе технико-экономического сравнения вариантов выполнения работ различными комплектами машин.

Состав комплекта машин подбирают по производительности ведущих машин. Ведущими являются машины, осуществляющие наиболее трудоемкие и продолжительные виды работ, например разработку грунта при планировке площадки, устройство земляного сооружения и т. д.

При планировочных работах основной процесс – разработка и перемещение грунта из выемки в насыпь. В зависимости от среднего расстояния перемещения грунта и свойств грунта, рельефа местности, глубины разработки и других факторов в качестве ведущей машины применяют обычно скрепер или бульдозер, а комплектующими – рыхлители (сменное рабочее оборудование на том же или классом выше бульдозере), катки, трактора-толкачи и другие машины. Комплекты принято называть по типу ведущих машин: скреперный, бульдозерный или смешанный.

Что касается ранее перечисленных строительных процессах, при вертикальной планировке строительной площадки, то например, устройство нагорной канавы и дамбы обвалования можно выполнить бульдозером с поворотным отвалом или специальным канавокопателем.

Разработка растительного слоя грунта и перемещение его в отвал, с целью последующего использования при рекультивации территории, также может выполняться бульдозером или любым видом землеройно-транспортных машин. При этом в зависимости от размеров строительной площадки, работа может выполняться путем реализации различных технологических схем, аналогичных технологическим схемам, при резке кустарников кусторезами и представленными на рисунке 3.7.

По завершению разработки растительного слоя грунта и перемещению его в отвал, приступают к выполнению наиболее трудоемкой работы, основного строительного процесса, а именно разработке грунта в призмах выемки. При необходимости перед осуществлением разработки производят предварительное рыхление грунта. Ряд технологий при использовании землеройно-транспортных строительных машин, позволяет осуществлять совмещение производственных процессов, таких как разработка и перемещение грунта в призмы насыпи на строительной площадке.

Рассмотрим некоторые из возможных вариантов выполнения данных видов работ различными машинами при реализации различных технологий.

5.3 Производство работ бульдозерным комплектом машин

Если строительная площадка имеет геометрические размеры соразмерные технологическим возможностям бульдозера, то рациональнее отдать предпочтение именно этой универсальной строительной машине. При этом необходимо помнить, что максимальное плечо хода бульдозера не должно превышать 60 м. Хотя используя все те же технологические схемы, представленные на рисунке 3.7, и например, при реализации схемы с середины, можно увеличить рабочее плечо почти до 120 м. Бульдозером в пределах своих технологических возможностей, можно выполнить следующие виды работ: разработку грунта в призмах выемки; предварительное рыхление грунта; перемещение грунта в призмы насыпи на расстояние, не превышающее 60 м по строительной площадке. Однозначно такие условия на строительной площадке имеются вокруг линии «нулевых работ», где в призмах выемки бульдозер послойно может срезать грунт и перемещать его в призмы насыпи на расстояние до 60 м.

Однако при выборе бульдозера, как основной строительной машины, на данных видах работ, необходимо помнить еще одно существенное ограничение – не эффективно разрабатывать бульдозером откосы высотой превышающей 1 м. Если на строительной площадке, на схеме плана квадратов сетки, вокруг линии "нулевых работ" имеем превышение более 1 м, то необходимо ограничить работу бульдозера лишь как машины, которая выполнит прокладку "пионерной" проходки, обеспечив дальнейшее эффективное применение землеройной техники (экскаваторов) различного вида.

В подобной ситуации, наряду с уже рассмотренной технологией производства работ по планировке строительной площадке включающей прокладку «пионерной» проходки вокруг линии «нулевых работ», и дальнейшую разработку грунта на строительной площадке посредством экскаваторов, с перемещением грунта в призмы насыпи самосвалами, встает вопрос о возможном применении вообще принципиально другой технологии. Это технология основана на использовании таких землеройно-транспортных машин, как скрепера. Однако в данном случае необходимо помнить, что скрепера то же имеют свою и весьма ограниченную область применения. Так прицепные скрепера агрегирующиеся с тракторами на гусеничном ходу, эффективны к использованию, лишь на расстоянии до 500 м максимально. При необходимости обеспечить транспорт грунта на более дальние расстояния, до 5 км, необходимо применять самоходные скрепера. В свою очередь самоходные скрепера могут эффективно использоваться лишь при предварительном устройстве для них грунтовых дорог, что значительно удорожает строительство и увеличивает сроки.

Рассмотрим подробнее конструктивно-технологические возможности и схемы работы бульдозера на земляных работах. На рисунке 5.1 представлен общий вид бульдозера с рыхлителем.

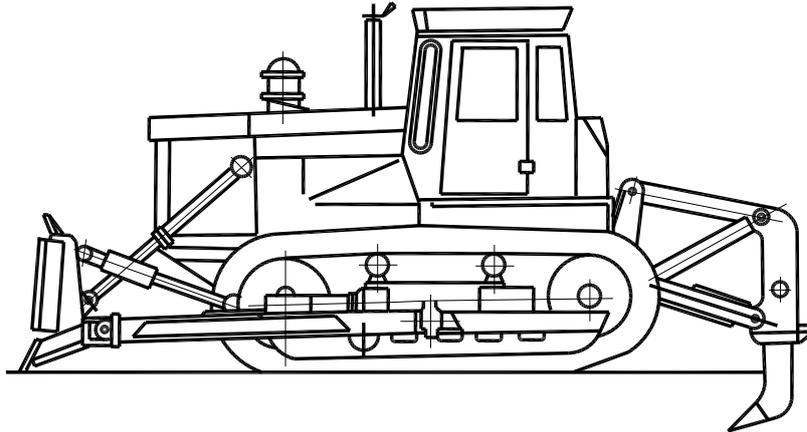


Рисунок 5.1 – Общий вид бульдозера с рыхлителем

Основные рабочие параметры и производительность бульдозера определяются мощностью базового тягача, на котором они навешены. Как и все землеройно-транспортные машины бульдозер машина циклическая, в связи с чем представляется возможным последовательно, по циклам рассмотреть его работу при разработке грунта.

На рисунке 3.11 представлены основные технологические циклы работы бульдозера при разработке грунта по циклам.

При реализации технологического цикла холостого хода бульдозера также осуществляется остановка бульдозера, опускание отвала и переключение редуктора на ход вперед.

Объем грунта, который может быть набран перед отвалом, зависит в основном от мощности тягача и линейных размеров отвала бульдозера и может быть определен аналитически по нижеследующей формуле:

$$q = fb_0K_n = \frac{H_0^2 b_0 \sin \beta}{2 \operatorname{tg} \varphi} K_n, \quad (5.1)$$

где: $f = \frac{1}{2} H_0 \frac{H_0}{\operatorname{tg} \varphi}$ – площадь поперечного сечения грунта перед отвалом, м²

b_0 – ширина отвала, м;

H_0 – высота отвала, м;

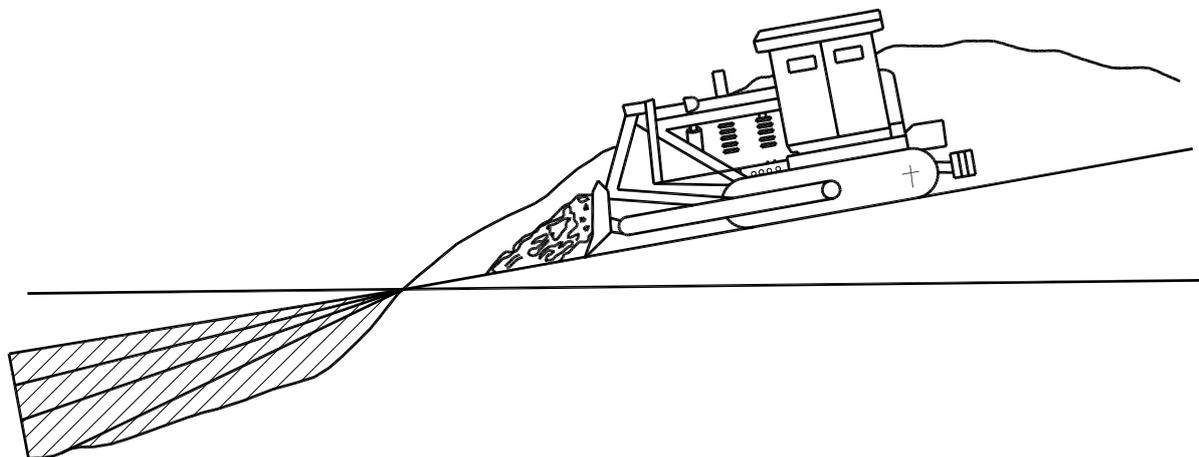
β – угол захвата, град.;

φ – угол естественного откоса грунта (30–40°);

K_n – коэффициент заполнения емкости перед отвалом бульдозера в долях единицы от наибольшего возможного заполнения ($\approx 0,6–0,8$).

В приложении Б приведены таблицы с углами естественного откоса грунтов.

Во всех случаях резание грунта следует стремиться осуществлять на горизонтальных участках или спусках, так как при движении на подъем значительная часть силы тяги тратится на передвижение самого бульдозера. В связи с чем наиболее рациональной представляется следующая технологическая схема, представленная на рисунке 5.2. Однако угол падения по рельефу разрабатываемой местности не должен превышать 20° , при этом высота насыпи может быть до 4–5 м.



Перемещение грунта под уклон

Рисунок 5.2 – Рациональная схема разработки грунта бульдозером

Возведение насыпей бульдозером может, осуществляется двумя способами:

- 1) поперечными проходами забирая грунт из резерва;
- 2) продольными односторонними проходами бульдозера.

Продольный способ, особенно двухсторонней разработки грунта, обеспечивает большую производительность бульдозера. Его применяют при небольшой протяженности выемок и в случаях, когда грунт, вынутый из выемки, полностью укладывают в прилегающие насыпи.

Поперечный способ выемки применяют, когда излишки грунта укладывают в кавальеры вдоль будущего полотна дороги.

Чаще всего бульдозеры используются 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° и возвращается к месту набора грунта передним ходом. При поперечном перемещении грунта из резервов целесообразно использовать траншейный способ разработки материалов и спаренную работу нескольких машин. Первые призмы надо подавать в центр насыпи, а последующие ближе к ее краям. Схема возведения насыпи бульдозерами поперечными проходами из одностороннего резерва представлена на рисун-

ке 5.3, а из двустороннего резерва на рисунке 5.4. Данные схемы можно применять как в курсовом, так и в дипломном проектировании.

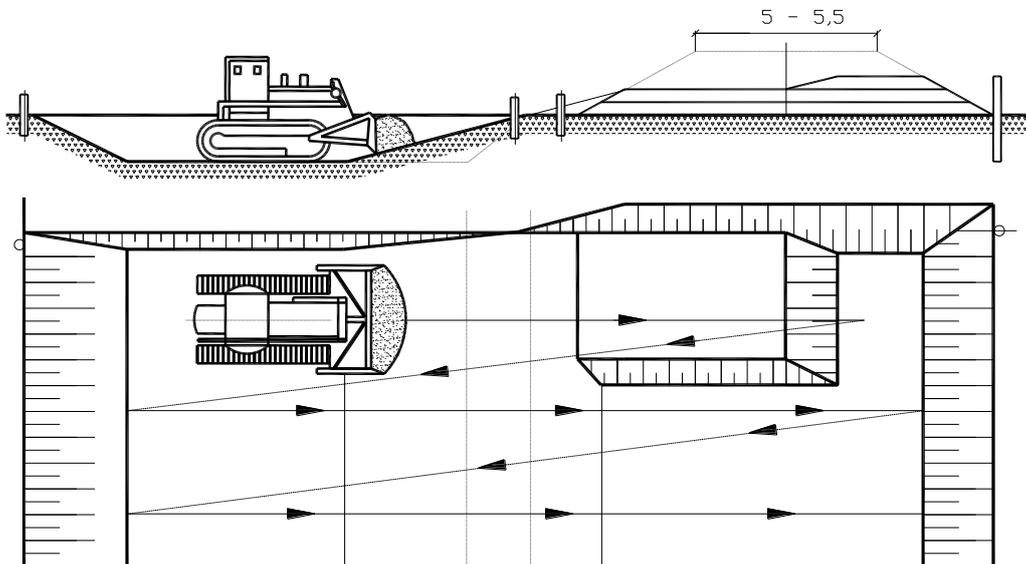


Рисунок 5.3 – Схема возведения насыпи бульдозерами поперечными проходами из одностороннего резерва

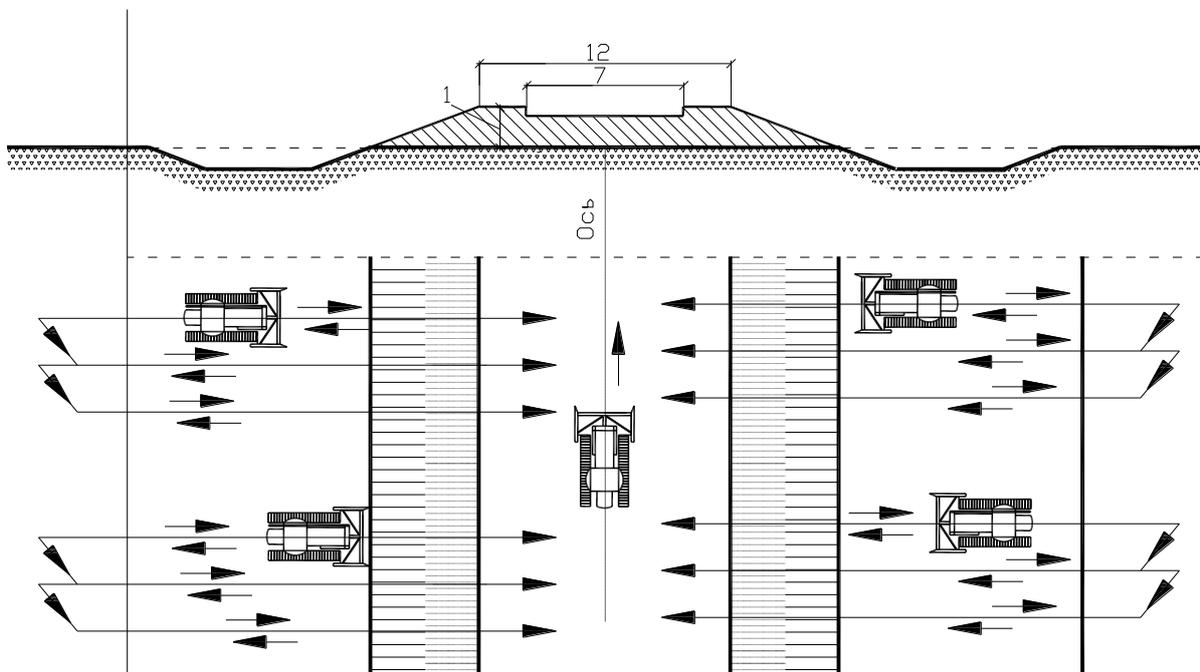


Рисунок 5.4 – Схема возведения насыпи бульдозерами поперечными проходами из двустороннего резерва

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), то есть разворотами на 180° . Выбор той или иной схемы определяется из условия наименьших затрат времени на холостые пробеги, с учетом затрат времени на переключение скоростей и на повороты.

Наличие у тракторов высоких скоростей заднего хода, близких по своим значениям к скоростям переднего хода, позволяет вести разработку возвращением задним ходом при больших длинах холостого хода.

Технология возведения насыпи бульдозером предусматривает необходимость укладки призм волочения только в прижим.

Подъемы откосов насыпи, по которым подается грунт, не должен превышать 30 %. При больших подъемах насыпи вся работа становится неэффективной.

Еще предлагается технологическая схема перемещения бульдозером грунта ранее разработанного одноковшовым экскаватором, представленная на рисунке 5.5. Такой вид работы особенно эффективен когда одноковшовый экскаватор делает выемку, а бульдозер отодвигает этот грунт вплоть до 100 м, образуя технологическое пространство.

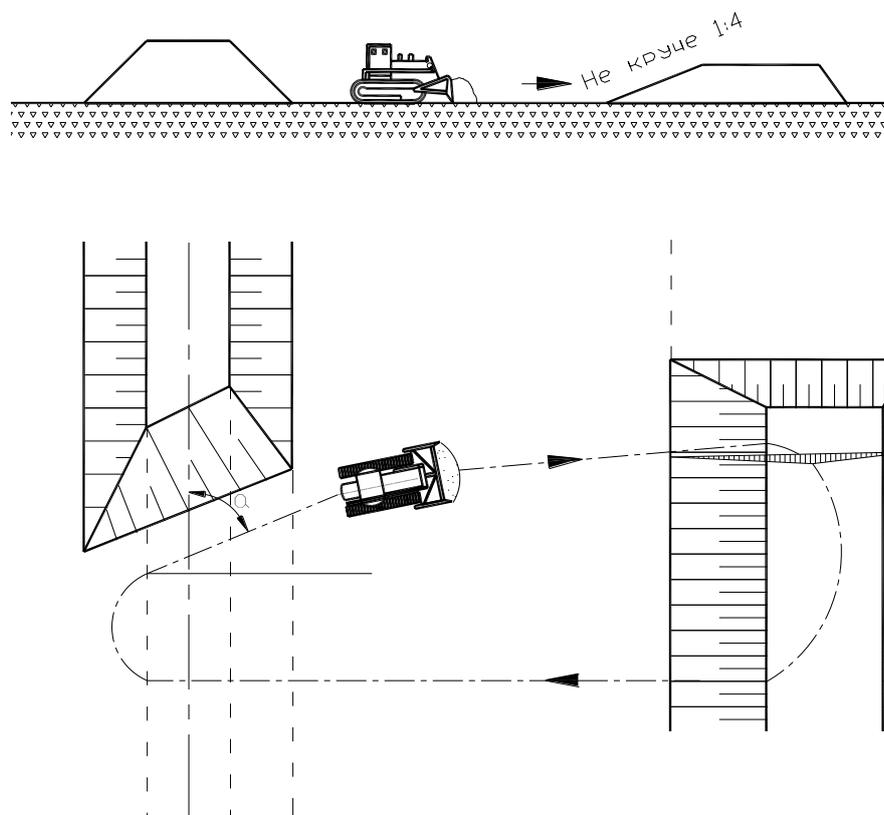


Рисунок 5.5 – Схема перемещения бульдозером ранее разработанного грунта одноковшовым экскаватором

Отрыв котлованов производят бульдозером поперечными ходами с постепенным смещением машины вдоль сооружения.

Грунт укладывают в кавальеры по всей протяженности котлована. Разрабатывают грунт в параллельных траншеях глубиной не более габаритной высоты машины, при этом между траншеями устраивают расстояние до 0.4–0.6 м. После отрывки котлована разрушают межтраншейные перемычки. В этом случае эффективна групповая работа машин спаренными параллельными ходами.

Планировочные работы проводят в основном на сравнительно ровной поверхности, срезая небольшие бугры, засыпая впадины, ямы и овраги. Большие впадины засыпают с соседних косогоров продольными проходами. Проходы, в свою очередь, делают со смещением на $\frac{3}{4}$ ширины отвала, чтобы исключить появление боковых валиков. После грубой предварительной планировки целесообразно провести отделку поверхности посредством заднего хода бульдозера при «плавающем» положении отвала. Для большей точности выполнения работ рациональнее применять взаимно перпендикулярные проходы машин.

Технологически эффективна работа по планировке основания котлована бульдозером, данная схема представлена на рисунке 5.6.

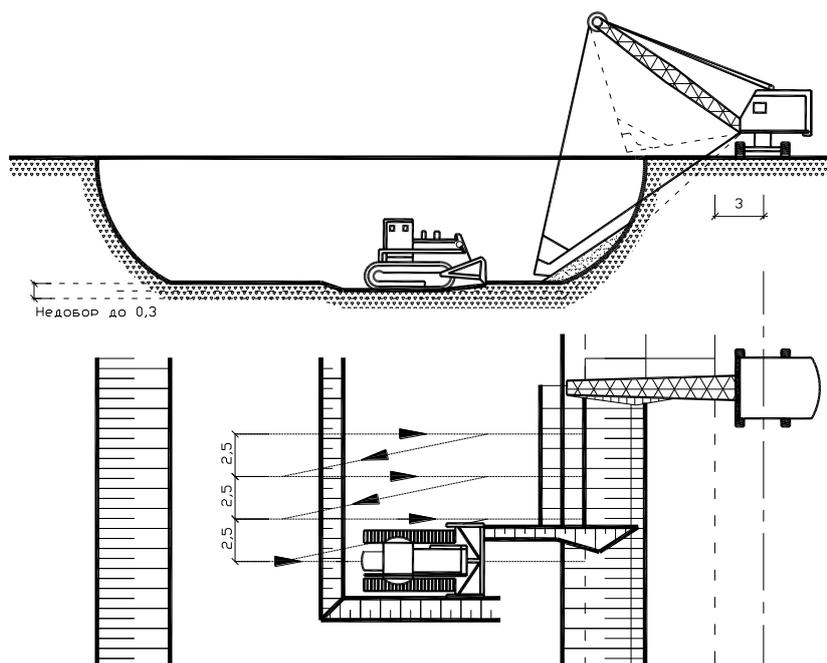


Рисунок 5.6 – Технологическая схема планировки основания котлованов бульдозером при совместной работе с экскаватором

Отдельно рассматривается технологическая схема планировки основания котлованов бульдозером при разработке котлована прямой лопатой.

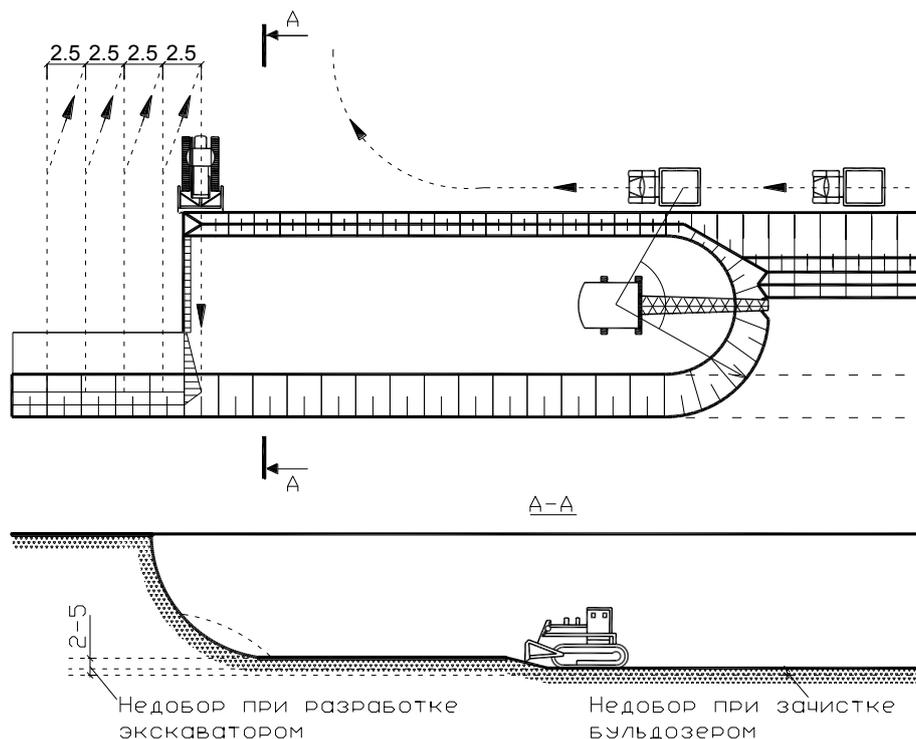


Рисунок 5.7 – Технологическая схема планировки основания котлованов бульдозером при его разработке прямой лопатой

Данные технологические схемы можно применять как в курсовом, так и в дипломном проектировании.

5.3.1 Производительность бульдозеров

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

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.

$$P = q n K_n K_i K'_p K_v \quad (\text{м}^3/\text{ч}), \quad (5.2)$$

где: q – объем грунта, перемещаемого отвалом (м^3);
 n – число циклов в час при определенной дальности перемещения грунта;
 K_n – коэффициент потерь грунта в боковые валики;
 K_i – коэффициент, учитывающий влияние уклона пути;
 K'_p – коэффициент приведения грунта к первоначальной плотности;
 K_v – коэффициент использования рабочего времени.

Число циклов бульдозера в час можно определить по формуле:

$$n = \frac{360}{T_{\text{ц}}} \quad (5.3)$$

При этом продолжительность одного цикла определяется как:

$$T_{\text{ц}} = t_n + t_{r.x} + t_{x.x} + 2t_{\text{п}} + mt_{n-n} + t_0 = \frac{l_n}{K_v v_n} + \frac{l_{r.x}}{K_v v_{r.x}} + \frac{l_n + l_{r.x}}{K_v v_{x.x}} + 2t_{\text{п}} + mt_{\text{п-п}} + t_0, \quad (5.4)$$

где: $t_n, t_{r.x}, t_{x.x}, t_{\text{п}}, t_{\text{п-п}}, t_0$ – соответственно продолжительности резания грунта, перемещения грунта, обратного (холостого) хода, одного поворота на 180° (10–20 с), одного переключения скорости (5 с), опускания отвала в рабочее положение (1–2 с);
 t – число переключений скоростей трактора в течение одного цикла;
 $l_n, l_{r.x}$ – длины путей резания грунта и перемещения к месту укладки, м;
 $v_n, v_{r.x}, v_{x.x}$ – 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 составляют при резании и перемещении грунта 0,7–0,75, при обратном холостом ходе 0,85–0,9.

С увеличением дальности перемещения разрабатываемого грунта производительность бульдозеров резко снижается вследствие увеличения продолжительности цикла, а также потерь грунта в боковые валики.

Применение бульдозеров при дальностях перемещения грунта свыше 50 м становится малоэффективным из-за больших потерь грунта по пути.

Объем перемещаемого отвалом грунта в большой мере зависит от величины уклона местности, на которой работает бульдозер.

При работе на спусках объем перемещаемого за один раз грунта, а следовательно, и производительность резко увеличиваются.

Величина коэффициента потерь грунта в зависимости от дальности его перемещения определяется из выражения:

$$K_{\text{п}} = 1 - z l_{r.x}, \quad (5.5)$$

где: z – опытный коэффициент, равный от 0,008 до 0,04; (большие значения z относятся к сухим сыпучим грунтам, а меньшие – к связным);
 $l_{r.x}$ – длина пути перемещения грунта до места отсыпки, м.

Производительность бульдозера при планировке поверхности может быть определена из выражения:

$$P_{пл} = \frac{3600L(b_0 \sin \beta - 0,5)}{m \left(\frac{L}{v} + t_{п} \right)} K_v ; \quad (\text{м}^2/\text{ч}) \quad (5.6)$$

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

Чем больше длина планируемого участка, тем меньше влияние потерь времени на развороты, что приводит к увеличению производительности бульдозера.

5.4 Производство работ скреперным комплектом машин

Скреперами ведут разработку, транспортировку и послойную отсыпку грунта на месте укладки. При достаточной влажности грунтов и равномерном движении скреперов по всей насыпаемой площади (т.е. поверхность должна быть предварительно спланирована), можно получить достаточно хорошее уплотнение грунта в насыпях.

Схема самоходного скрепера с ковшем емкостью 9 м^3 представлена на рисунке 5.8.

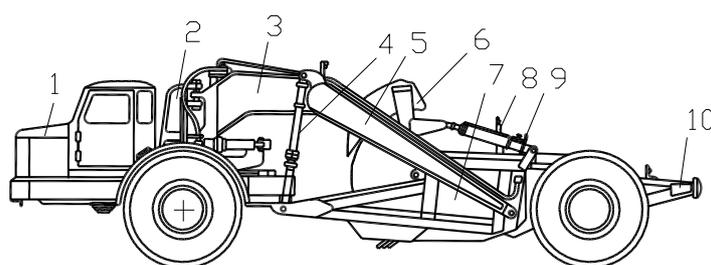


Рисунок 5.8 – Схема самоходного скрепера:

- 1 – одноосный тягач; 2 – седельно-цепное устройство; 3 – жесткое соединение;
 4, 9, 12 – гидроцилиндры; 5 – тяговая П образная рама;
 6 – заслонка; 7 – ковш; 8 – выдвижная задняя стенка;
 10 – буферное устройство

В строительстве скреперы применяют:

1) для разработки грунта в выемках (котлованы, карьеры, резервы, каналы и т. д.);

2) для устройства насыпных земляных сооружений (дорожное строительство, земляные плотины, дамбы обвалований);

3) на вскрышных работах и на работах, связанных с подготовкой оснований сооружений (снятие растительного грунта, вскрыша карьеров строительных материалов, удаление непригодных грунтов с площадей оснований зданий и сооружений);

4) для планировочных работ на строительных площадках.

При работе скрепера под уклон толщина слоя резания увеличивается, а длина пути набора и время его сокращается примерно на 20–30 %. При разработке грунта второй группы может быть принят уклон 11–12 градусов, а третьей группы до 15–16 градусов. При этом коэффициент наполнения ковша увеличивается на 15–20 %.

При разработке рыхлых и легких пород большее наполнение ковша будет при работе скрепера на подъем до 5^0 . При такой схеме разработки грунта порода скатывается в ковш под действием силы тяжести. Основные конструктивно-технологические параметры скреперов представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Основные конструктивно-технологические параметры скреперов

Показатели	Емкость ковшей скреперов, м ³			
	Прицепных		Самоходных	
	8	10	9	15
Ширина ковша, м	2.6	2.8	2.8	2.9
Наибольшая глубина резания, м	0.3	0.35	0.3	0.35
Наибольшая толщина отсыпаемого слоя, м	0.35	0.5	0.45	0.5
Радиус поворота скрепера, м	8	9	10	11
Ширина полосы разворота на 180°, м	7	7.5	9.25	10.5
Средняя толщина стружки, м:				
– супесь	0.2	0.2	0.2	0.25
– легкий суглинок	0.15	0.15	0.15	0.2
– тяжелый суглинок	0.1	0.1	0.1	0.12

Основные технологические операции рабочего цикла самоходного скрепера следующие: 1 – копанье грунта (резание с наполнением ковша). 2 –

транспортирование грунта. 3 – отсыпка грунта. 4 – движение порожнего скрепера.

На рисунке 5.9–5.11 представлены основные технологические операции рабочего цикла самоходного скрепера.

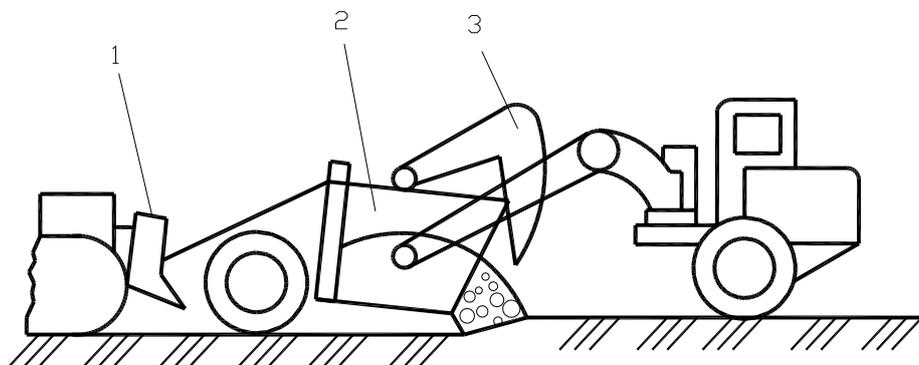


Рисунок 5.9 – Схема технологической операции копания грунта скрепером:
1 – отвал бульдозера; 2 – ковш скрепера; 3 – заслонка ковша

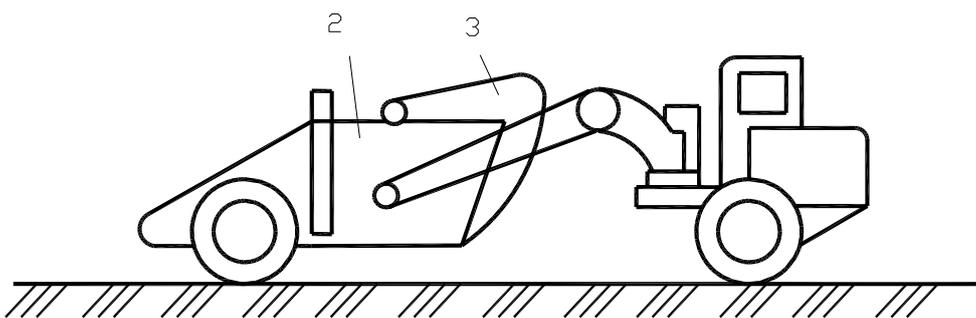


Рисунок 5.10 – Схема технологической операции транспортирования
грунта скрепером:
2 – ковш скрепера; 3 – заслонка ковша

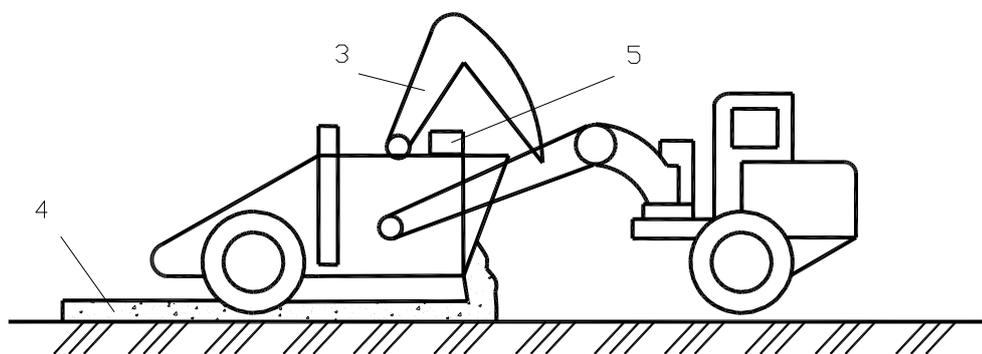


Рисунок 5.11 – Схема технологической операции отсыпки грунта скрепером:
3 – заслонка ковша; 4 – отсыпанный грунт;
5 – выдвигная задняя стенка

В ряде случаев, а именно, при отсыпке земляных сооружений высотой более 2 м, либо при выполнении работ скреперами с ковшами объемом более 15 м. куб., мощности одноосного тягача становится недостаточно. В этом случае необходимо на проблемных участках пути оказывать помощь скреперу толкачом. В роли толкача должен выступать бульдозер.

Толщина слоя укладки грунта зависит от конструктивных особенностей скрепера и требований, предъявляемых последующей технологией к работе с грунтом, а именно технологией его разравнивания, увлажнения, уплотнения.

Если грунт отсыпается в качественную насыпь, то толщина слоя укладки назначается исходя из технических возможностей средств уплотнения грунта. Толщина слоя укладки регулируется установкой на необходимой высоте ножа скрепера, выполняющего в данном случае роль регулятора по высоте отсыпаемого слоя.

Резание грунта скрепером осуществляется:

- а) одним из следующих способов:
 - с постоянной толщиной слоя резания.
 - слоем переменного сечения.
- б) по различным схемам движения ножа скрепера:
 - по гребенчатой;
 - по волнообразной;
 - по траншейно-гребенчатой.

Резание грунта скрепером слоем переменного сечения и по гребенчатой схеме представлено на рисунке 5.12.

Резание слоем переменного сечения обеспечивает постоянную нагрузку на тягач при наполнении ковша.

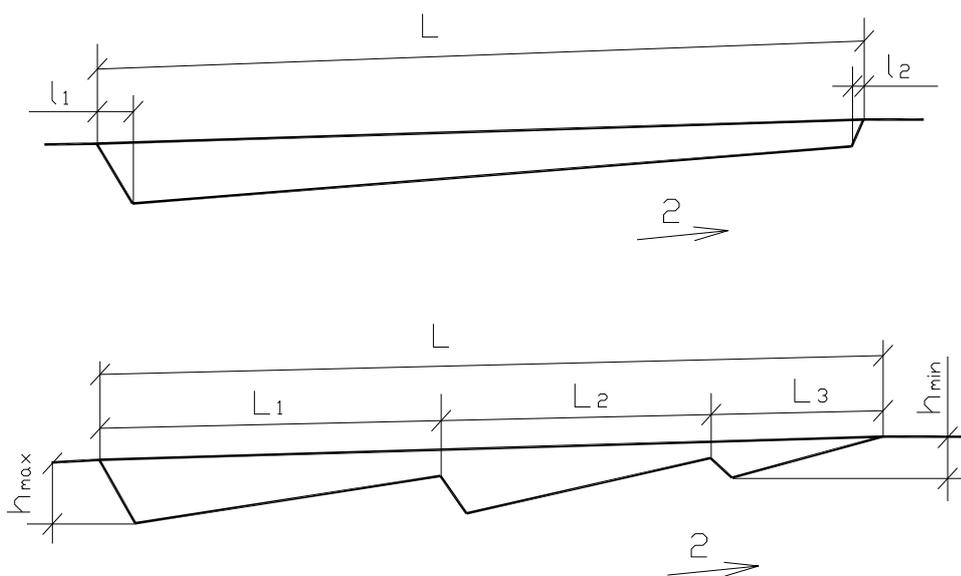


Рисунок 5.12 – Резание грунта скрепером слоем переменного сечения и по гребенчатой схеме

При гребенчатой схеме грунт срезается с переменным заглублением и постепенным подъемом ножа скрепера. Каждое последующее заглубление ножа ковша меньше предыдущего по высоте примерно в 1,5 раза, а по длине в 2 раза.

Для получения более ровного забоя рекомендуется каждое последующее зарезание ножа ковша начинать на 2–3 м позже предыдущего, сохраняя движение по полосе. Эта схема обеспечивает лучшее наполнение ковша и рациональное использование мощности тягача.

Чрезмерно сухие грунты при разработке увлажняют. При разработке плотных грунтов, когда усилия одного тягача недостаточно, используют трактор – толкач, или работают под уклон, или грунт предварительно рыхлят. При работе с толкачом наполнение ковша увеличивается на 10–12 %, а время набора сокращается в 2–3 раза, что сказывается на эффективности работы.

Набор грунта скреперами можно вести только на прямолинейных участках длиной, достаточной для размещения длины пути самого набора и длины скреперного агрегата.

Минимальная длина прямолинейного участка пути для набора грунта скрепером может быть определена по формуле:

$$L_{\min} = l_n + l_{ск} + l_t, \quad (5.7)$$

где: l_n – длина пути набора грунта, м;
 $l_{ск}$ и l_t – длина скрепера и тягача, м.

К моменту начала набора грунта тягач, и как минимум, часть скрепера уже должны будут находиться на полосе набора грунта.

После окончания набора тягач и часть скрепера выйдут за пределы участка, на котором срезался грунт, все это надо учитывать при разработке технологических карт производства работ.

Длину путей набора и выгрузки можно вычислить по формулам, выводимым из условия равенства объемов срезанного грунта и грунта, находящегося в ковше по нижеследующим формулам:

– длина пути набора грунта, (м)

$$l_n = \frac{qK_n K_p}{K_h h b_n K_p}, \quad (5.8)$$

– длина пути выгрузки грунта, (м)

$$l_b = \frac{qK_n}{h_{сл} b_n}, \quad (5.9)$$

где: q – геометрическая емкость ковша, м³;
 b_n – ширина полосы захвата грунта (ширина ковша), м;
 h – средняя толщина стружки грунта за время набора, м;
 $h_{сл}$ – средняя толщина слоя отсыпки грунта в насыпь, м;
 K_n – коэффициент наполнения ковша грунтом;
 K_p – коэффициент разрыхления грунта;
 $K_{п}$ – коэффициент потерь грунта при наборе ($\approx 1,2$);
 K_h – коэффициент неравномерности толщины стружки ($\approx 0,7$).

Среднее значение длины набора и выгрузки грунта скреперами можно условно принять по таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Среднее значение длин набора и выгрузки грунта скреперами

Показатели	Емкости ковшей скреперов, м ³			
	2,75 - 3	6 - 8	10	15
Длина пути набора, м	15 - 25	20 - 50	30 - 60	35 - 70
Длина пути выгрузки, м	4 - 8	6 - 15	9 - 23	12 - 24

Для обоснования производства работ скреперами, надо учитывать следующее:

- грунтовые условия – скреперы плохо работают на сухих сыпучих и тяжелых глинистых грунтах; не могут быть использованы в грунтах с крупными каменистыми включениями, при наличии пней, крупных корней;
- влажность грунтов – на влажных и липких грунтах коэффициент наполнения снижается до 0,3–0,5; при наличии грунтовых вод скреперы применять нельзя, они вязнут;
- дальность перемещения грунта и уклоны рельефа – для прицепных скреперов до 400, максимум – 800 м, для самоходных до 5000 м;
- уклоны пути по местности, выезды из выемки и на насыпи должны быть доступными для техники;
- габаритные 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);
- достаточность места для маневрирования скрепера в пределах выемки и на насыпи с учетом практической величины радиуса поворота;
- общий объем работ и объем работ, приходящийся на один скрепер в условиях работы на рассматриваемом объекте должны быть достаточными для эффективного их использования.

Производство работ на нулевом цикле скрепером во многом определяется схемой его движения.

В основном используются следующие рациональные схемы движения скреперов: эллиптическая, спиральная, восьмеркой, по зигзагу, челночно-поперечная и челночно-продольная, которые далее представлены на рисунках. Данные технологические схемы можно применять как в курсовом, так и в дипломном проектировании.

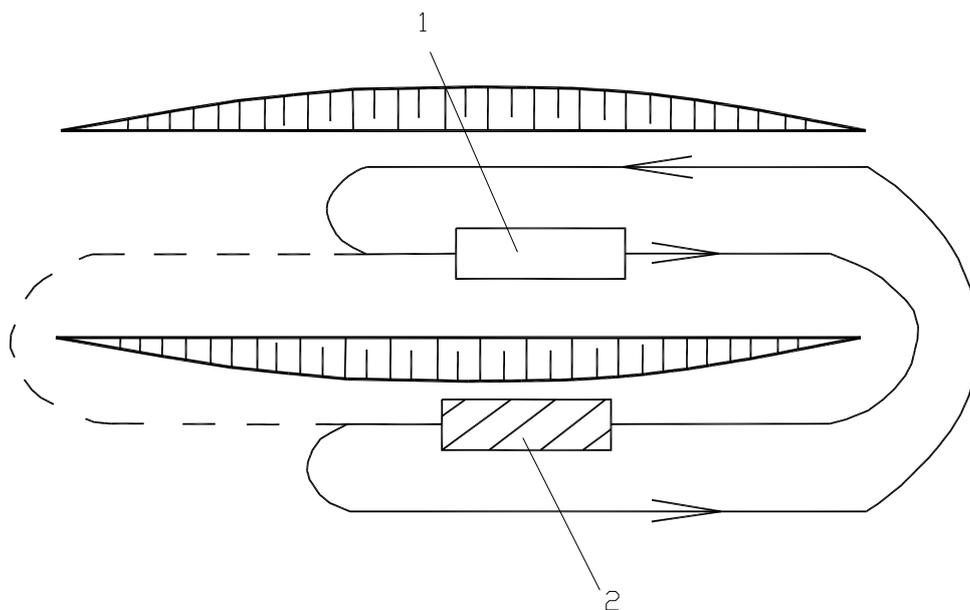


Рисунок 5.13 – Эллиптическая схема движения скреперов

Обоснование эллиптической схемы движения скрепера должно учитывать следующие требования:

- 1) путь движения скрепера должен быть кратчайшим и с наименьшим числом крутых поворотов;
- 2) левые и правые повороты желательно чередовать, что способствует равномерному износу ходовых частей скрепера;
- 3) фронт работы в выемке и на насыпи должен быть достаточным для полной загрузки и последующей разгрузки скрепера;
- 4) максимально должны быть снижены подъемы в грузовом и порожнем направлениях.

Эллиптическая схема движения скреперов в смежную насыпь наиболее приемлема в случаях возведения насыпей из односторонних или двухсторонних резервов, а также при устройстве выемок и укладки грунта в дорожные развязки, удлиненные насыпи или кавальеры, при планировочных работах в промышленном и гражданском строительстве.

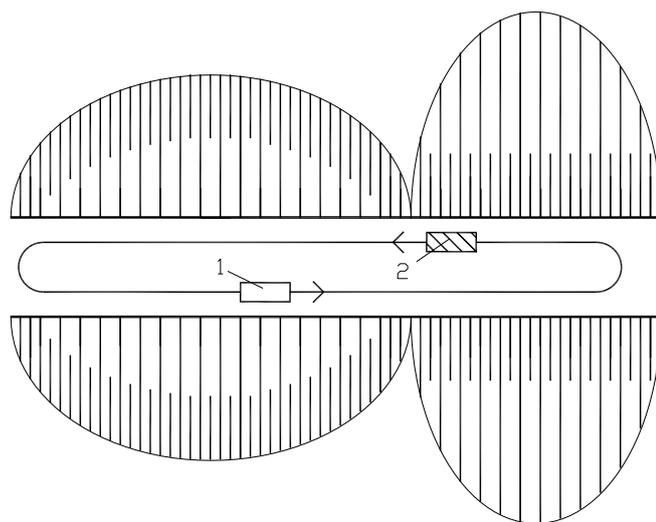


Рисунок 5.14 – Эллиптическая схема движения скреперов в смежную насыпь:
1 – набор грунта; 2 – разгрузка грунта

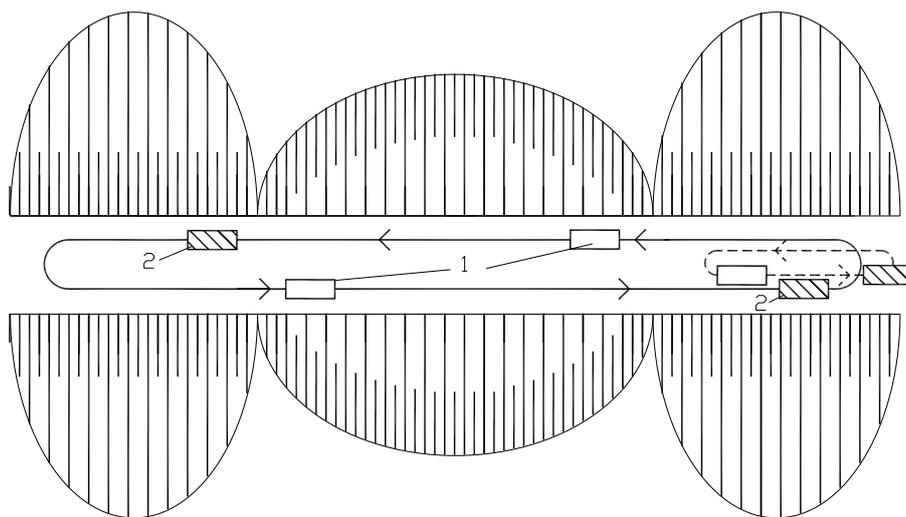


Рисунок 5.15 – Эллиптическая схема движения скреперов из выемки в две насыпи:
1 – набор грунта; 2 – разгрузка грунта

Особо эффективна эллиптическая схема движения скреперов из выемки в две насыпи при возведении насыпей или разработке выемок на линейных объектах строительства с высотой насыпи или глубиной выемки не более 2-х метров, когда устройство выездов и съездов не требуется, или при продольной возке грунта из выемки в смежную насыпь.

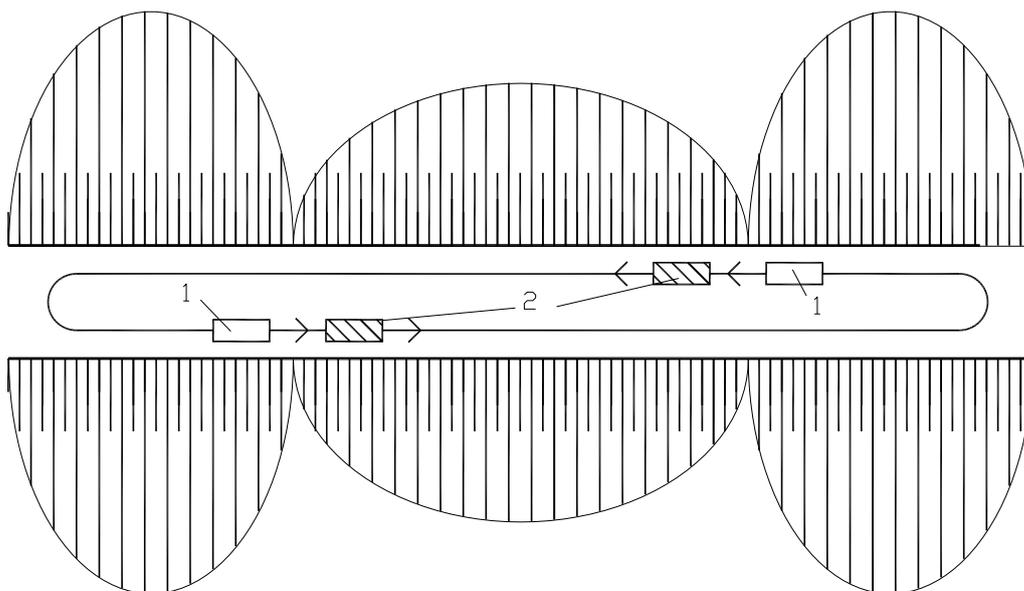


Рисунок 5.16 – Эллиптическая схема движения скреперов из двух выемок в насыпь:
1 – набор грунта; 2 – разгрузка грунта

Разработка грунта в выемке возможна двумя основными способами - продольным и поперечным.

Продольная схема движения скреперов по эллипсу при устройстве качественной насыпи представлена на рисунке 5.17.

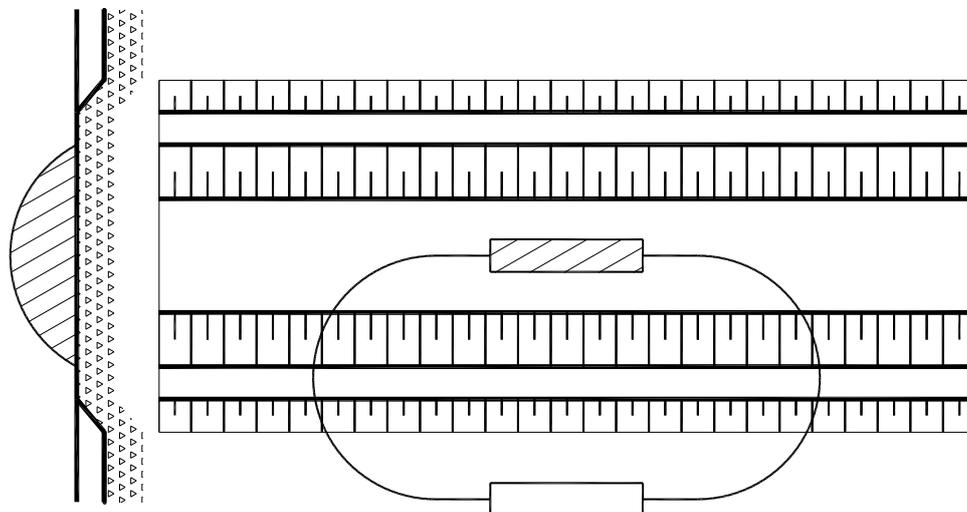


Рисунок 5.17 – Продольная эллиптическая схема движения скреперов при устройстве качественной насыпи

Схема движения скреперов по спирали при устройстве качественной насыпи представлена на рисунке 5.18.

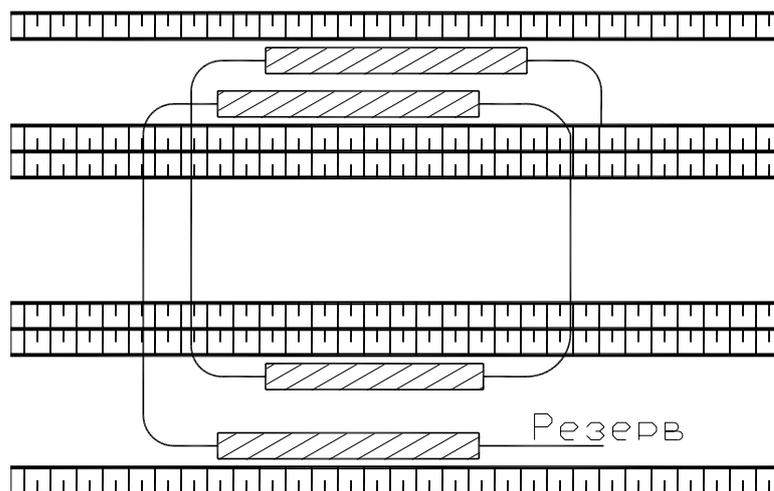


Рисунок 5.18 – Технологическая схема движения скреперов по спирали при устройстве качественной насыпи

Спиральная схема это разновидность эллиптической, применима при возведении широких насыпей из двухсторонних резервов, или широких выемок высотой и глубиной до 2,5 м, так как тоже выполняется без выездов и съездов.

Спиральная схема по сравнению с эллиптической увеличивает производительность, так как при отсыпке грунта перпендикулярно к оси возводимого сооружения сокращается дальность его транспортировки.

При разности отметок низа выемки и верха насыпи более 1 м, для облегчения подъема груженого скрепера устраивают въезды и съезды.

По отношению к продольной оси сооружения съезды и въезды располагаются: в поперечном направлении – прямые; в продольном направлении – прислонные.

Схема прислонного въезда на насыпь представлена на рисунке 5.19.

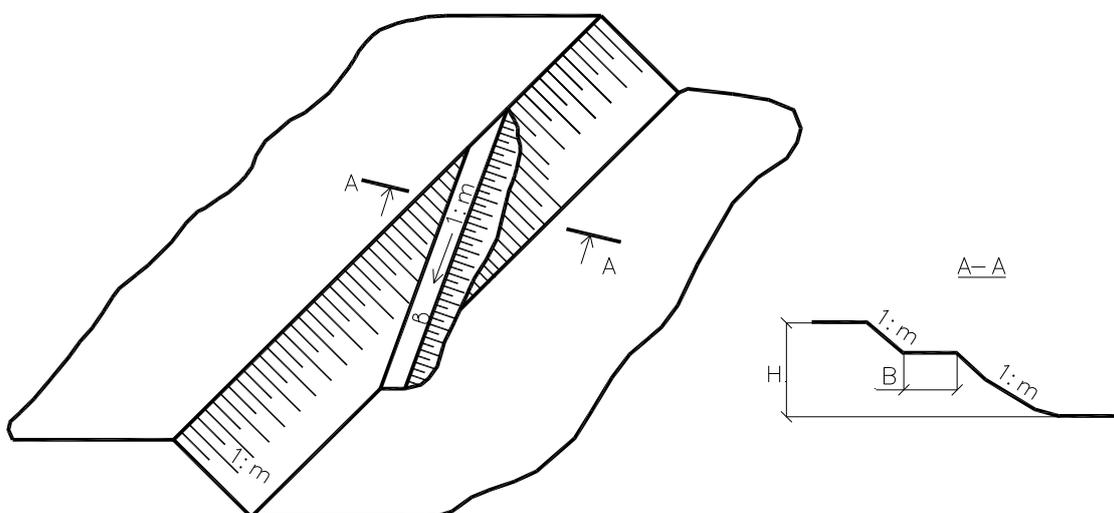


Рисунок 5.19 – Схема прислонного въезда на насыпь

Въезд на насыпи рекомендуется делать на полунасыпях, а съезды с насыпи в выемку рекомендуется делать в полувыемках, как представлено на рисунке 5.20.

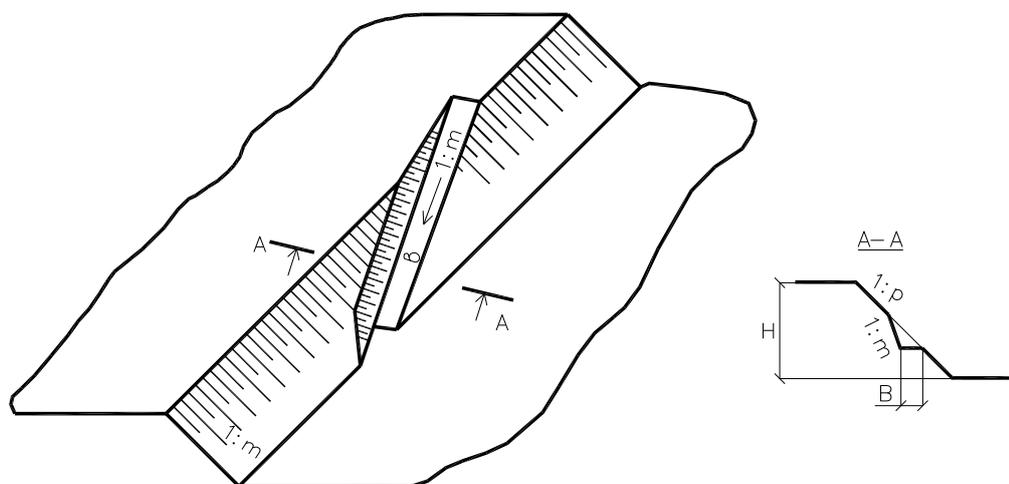


Рисунок 5.20 – Схема съезда с насыпи в выемку

Все прислонные въезды и съезды, устраиваемые на откосах насыпей или выемок должны иметь ограждение с низовой стороны в виде земляного вала, отсыпаемого на обочине и имеющего высоту не менее одной трети диаметра колеса скрепера или тягача. Ширина обочины с низовой стороны прислонных въездов и съездов, расположенных на откосах насыпей или выемок, должна быть не менее двух высот вала плюс 0,5 м, во всех остальных случаях должна быть равна половине ширины проезжей части.

Проезжей части прислонных въездов и съездов должен быть придан поперечный уклон в нагорную сторону и с этой стороны должен быть устроен кювет. При большом притоке воды должны быть приняты меры, не допускающие размыва кювета.

Ширина проезжей части въездов и съездов при одностороннем движении скреперов должна быть не менее:

- для скреперов с объемом ковша до 6 м^3 не менее 4 м;
- для скреперов с объемом ковша от 6 до 10 м^3 не менее 4,5 м;
- для скреперов с объемом ковша более 10 м^3 не менее 5,5 м.

Не меньшее распространение получили перпендикулярные въезды на насыпи и съезды в выемку, что представлено на следующих рисунках.

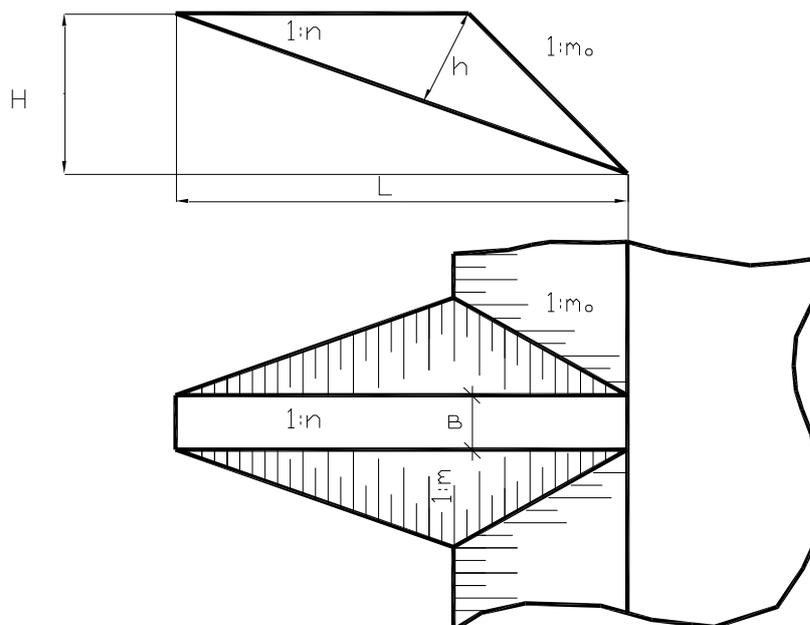


Рисунок 5.21 – Схема перпендикулярного съезда в выемку:
 B – ширина съезда в выемку; H – глубина выемки; L – длина съезда

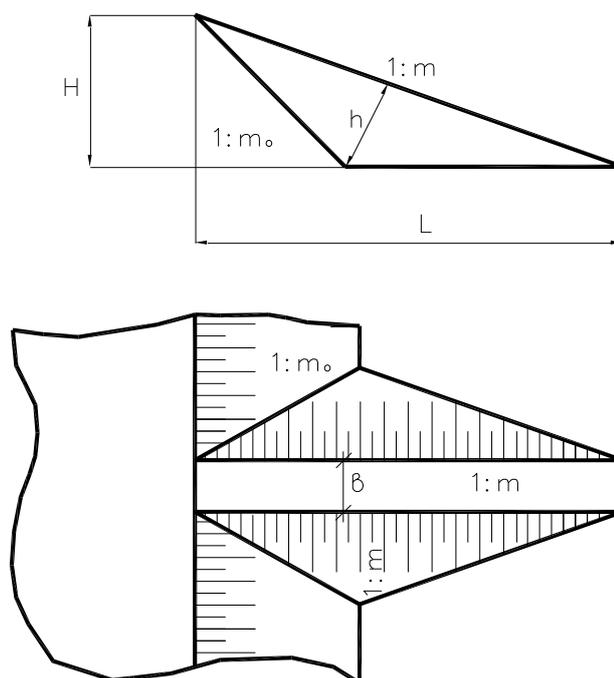


Рисунок 5.22 – Схема перпендикулярного въезда на насыпь:
 B – ширина въезда на насыпь; H – высота насыпи; L – длина въезда

Расстояние между соседними въездами и съездами определяется в ППР в зависимости от объема работ, и в среднем оно колеблется от 60 до 100 м, но не более 150–200 м, для прицепных скреперов, а для самоходных скреперов

расстояние между соседними въездами и съездами устанавливают примерно через 300–400м.

5.4.1 Производительность скреперов

Производительность скреперов подсчитывают по формуле для машин цикличного действия:

$$P = qn \frac{K_n}{K_p} K_v ; \quad (\text{м}^3/\text{ч}) \quad (5.10)$$

где: q – геометрическая емкость ковша, 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_v – коэффициент использования рабочего времени.

Число циклов в час определяется из выражения:

$$n = \frac{3600}{T_{\text{ц}}} \quad (5.11)$$

где: $T_{\text{ц}}$ – продолжительность цикла, (с).

В свою очередь $T_{\text{ц}}$ можно определить как:

$$T_{\text{ц}} = t_n + t_{г.х} + t_v + t_{п.х} ; \quad (5.12)$$

где: t_n , $t_{г.х}$, t_v , $t_{п.х}$ – соответственно продолжительности набора грунта, груженого хода, выгрузки, порожнего хода.

В свою очередь элементы продолжительности цикла могут быть определены из следующих выражений:

– продолжительность набора грунта: $t_n = \frac{l_n}{v_n} K_3 ,$

– продолжительность груженого хода: $t_{г.х} = \frac{l_{г.х}}{v_{г.х}} K_3 ,$

– продолжительность выгрузки: $t_v = \frac{l_v}{v_v} K_3 ,$

– продолжительность порожнего хода: $t_{п.х} = \frac{l_{п.х}}{v_{п.х}} K_3 .$

где: $l_n, l_b, l_{г.х}, l_{х х}$ – длины участков пути набора, выгрузки, груженого и порожнего хода, м;
 $u_n, u_b, u_{г.х}, u_{х х}$ – соответствующие элементам цикла скорости движения тягача при наборе, выгрузке, груженом и порожнем ходе, м/с;
 K_3 – коэффициент, учитывающий увеличение продолжительности элементов цикла за счет разгона при трогании с места, замедления при остановке и переключении передач, пробуксовке колес тягача по грунту.

Так как продолжительность набора и выгрузки грунта при любой схеме движения в определенных грунтовых условиях практически мало изменяется, то производительность скрепера в основном зависит от длины пути груженого и холостого хода.

При увеличении дальности возки производительность скрепера резко падает. Пределы применения скреперов можно увеличить при повышении транспортных скоростей движения до 30–60 км/ч. Это возможно при работе скреперов с быстроходными колесными тягачами.

5.5 Производство работ экскаваторным комплектом машин

5.5.1 Технологические особенности и область применения рабочего оборудования драглайн

Драглайны предназначены в основном для вскрыши и для разработки грунта отсыпкой в отвал, чему способствует значительная длина стрелы.

Разработку грунта драглайном ведут ниже уровня его стояния. Это обстоятельство позволяет вести разработку мокрых и водонасыщенных грунтов без предварительного их осушения или из-под воды. Принципиальная схема ЭО с рабочим оборудованием драглайн представлена на рисунке 5.23.

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 с его стороны, что влияет на производительность драглайна.

Кроме того, грунт из ковша драглайна выгружают обычно с большой высоты из-за опасения повредить ковшом кузов и из-за больших размеров ковша в опрокинутом положении, что ухудшает условия работы ходовых и амортизационных устройств (рессор) транспортных средств и ведет к их быстрому износу.

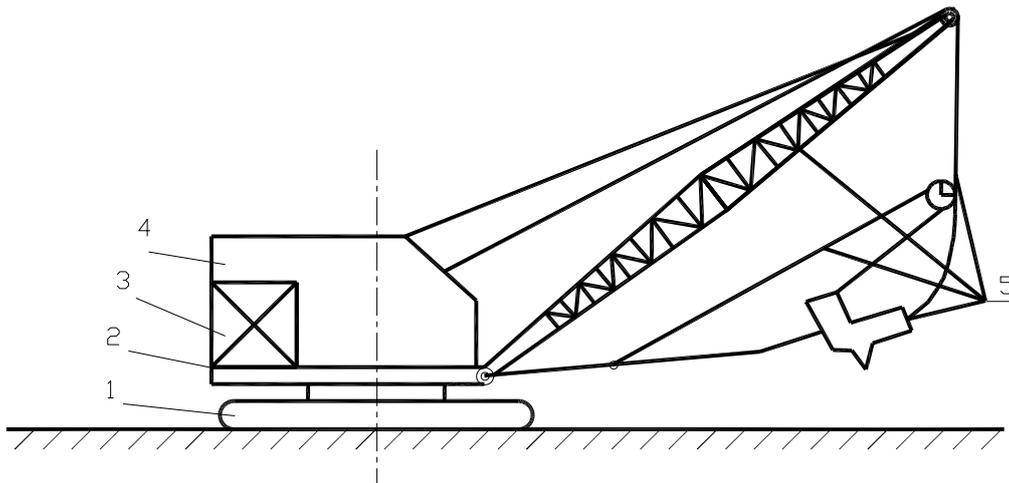


Рисунок 5.23 – Принципиальная схема ЭО с рабочим оборудованием драглайн:
 1 – ходовое оборудование; 2 – поворотная платформа; 3 – силовое оборудование;
 4 – кузов экскаватора; 5 – рабочие оборудование

Рабочее оборудование и система привода ЭО драглайн представлены на рисунке 5.24. Рабочие параметры драглайнов: R_p – радиус резания; R_v – радиус выгрузки; H_p – глубина резания; H_v – высота выгрузки;

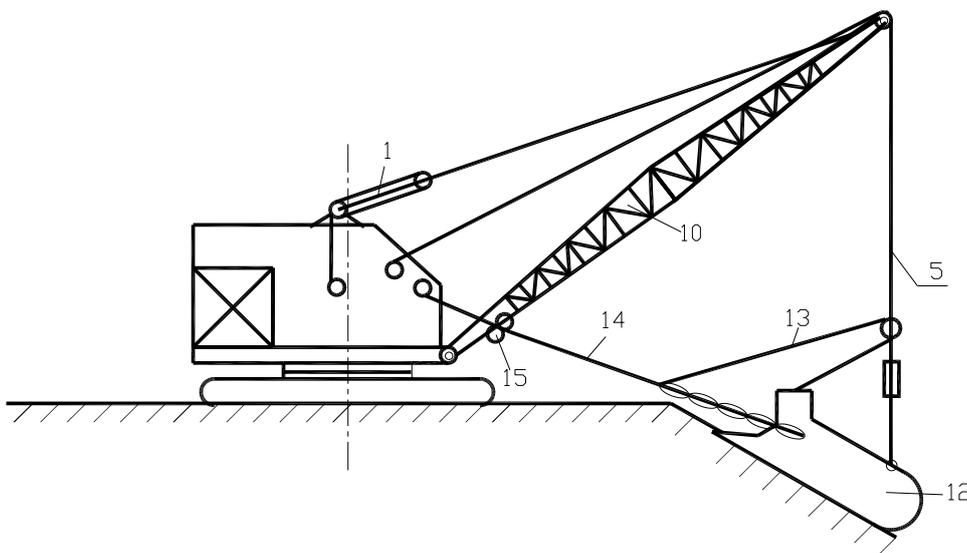


Рисунок 5.24 – Рабочее оборудование и система привода ЭО драглайн:
 1 – полиспаст; 10 – решетчатая стрела; 11 – подъемный канат; 12 – ковш;
 13 – расчалка; 14 – тяговый канат; 5 – система блоков

Радиус резания драглайнов зависит от длины и угла наклона стрелы. При необходимости радиус резания может быть несколько увеличен за счет заброса ковша путем подтягивания и отпускания тягового каната, или за счет центробежной силы, развиваемой при повороте экскаватора. При этом подь-

емный трос составит с вертикалью, проходящей через головной блок, угол 15–18°.

Технология работы ЭО драглайн включает следующие операции и поясняется схемой представленной на рисунке 5.25:

- 1) опускание ковша в забой (позиция – «2», рисунок 5.25);
- 2) от позиции – «2» до позиции – «3» – набор грунта;
- 3) позиция – «3» окончание набора грунта;
- 4) от позиции – «3» до позиции – «4» – транспорт грунта;
- 5) позиция – «4» – разгрузка грунта.

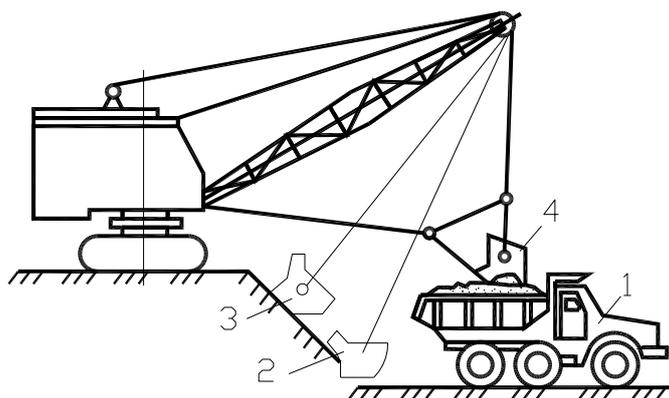


Рисунок 5.25 – Технологическая схема работы ЭО драглайн

Глубина резания грунта драглайном зависит не только от длины стрелы и угла ее наклона, но и от положения экскаватора по отношению к выемке и вида разрабатываемого грунта.

При выемке сбоку по ходу экскаватора т.е. при так называемой боковой проходке драглайна, наибольшая глубина резания (Нр.п) зависит от крутизны внутреннего и внешнего откосов забоя и будет достигаться лишь при определенных технологических параметрах разработки указанных в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Зависимость наибольшей глубины резания от крутизны внутреннего и внешнего откосов забоя

Виды грунта	Угол внутреннего откоса, α , град	Заложение внешнего откоса забоя, m_0
Песок	40 – 45	1,0 – 0,8
Супесь	40 – 45	1,0 – 0,8
Суглинок	30 – 35	0,8 – 0,5
Глина	20 – 30	0,5 – 0,3

При передвижении экскаватора по оси выемки наибольшая глубина резания (H_p) зависит только от крутизны внутреннего откоса забоя.

Наибольшая высота выгрузки грунта (H_v) определяется расстоянием от уровня стояния экскаватора до самой нижней точки предельно поднятого вверх (к головному блоку) свободно висящего ковша.

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

1) продольную (или торцевую) разработку, представленную на рисунке 5.26;

2) поперечную (или боковую) разработку, представленную на рисунке 5.27.

Продольная (или торцевая) разработка применяется для нешироких выемок, когда радиусом выгрузки экскаватора может быть перекрыто расстояние от оси выемки до внешней дальней бровки кавальера грунта, при разработке в отвал, или при обеспечении эффективной выгрузки. При таком способе разработки экскаватор перемещается вдоль оси, оставляя после себя разрабатываемую выемку.

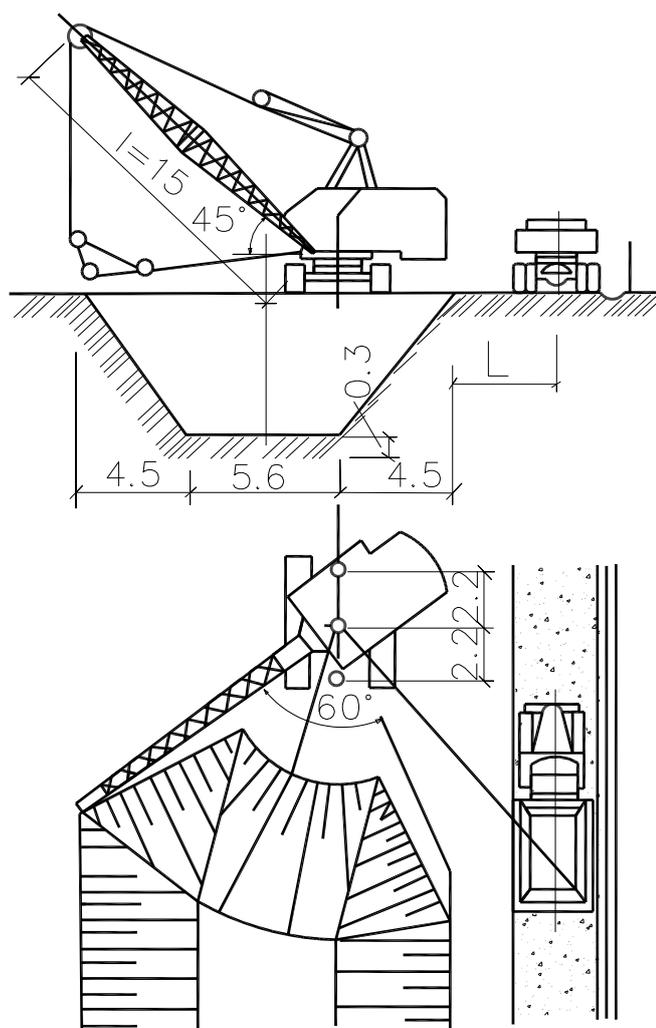


Рисунок 5.26 – Схема работы драглайна при торцевой проходке

Поперечную (боковую) разработку применяют при условии, что вся ширина полосы выемки и кавальера грунта, или полосы движения транспорта, может быть перекрыта радиусом резания в сумме с радиусом выгрузки. Драглайн, в это случае, будет перемещаться по берме сбоку от выемки, черпая грунт в поперечном направлении по отношению к ее оси.

Очертание забоя в плане зависит от принятого способа разработки грунта.

При продольной разработке экскаватор размещается на оси выемки и по мере разработки грунта перемещается вперед по ходу на следующую стоянку.

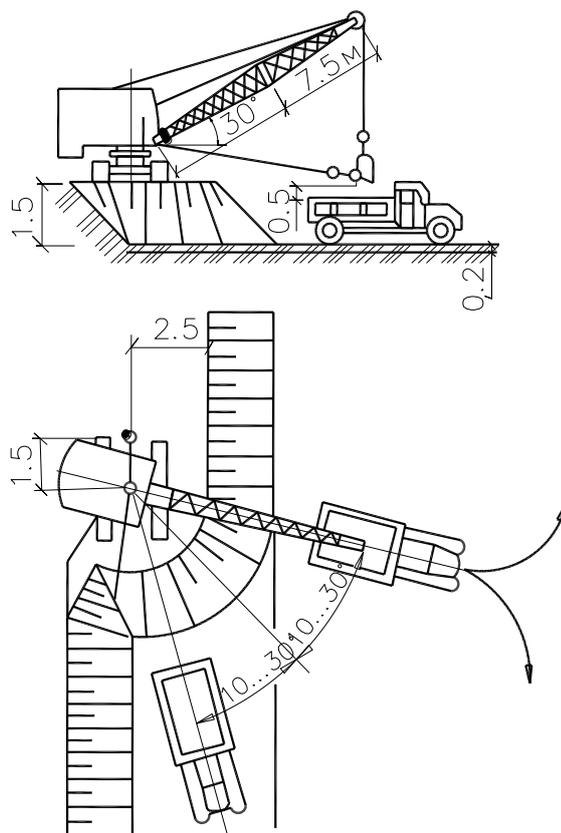


Рисунок 5.27 – Схема работы драглайна при поперечной (или боковой) проходке

После окончания разработки грунта с первой стоянки O_1 экскаватор передвигают в новое положение O_2 , из которого должен быть захвачен весь оставшийся неразработанным грунт со стороны внутреннего откоса забоя.

Наибольшую возможную величину шага экскаватора от O_1 , до O_2 можно найти аналитически, по формуле:

$$\text{Ш} = R_p - \alpha - (h + H) \text{ctg } \alpha', \quad (5.13)$$

где: α и h – координаты пяты стрелы;
 H – глубина выемки;
 α' – угол внутреннего откоса забоя.

При продольной разработке величина шага практически не может быть больше, чем половина длины стрелы экскаватора. При большей величине шага вдоль откоса выемки, вблизи места стояния экскаватора, образуются значительные недоборы. Исходя из опыта производства работ, величину шага принимают равной половине длины стрелы экскаватора.

В этом случае при разработке грунта с последующих стоянок внешний откос забоя будет отсутствовать. При поперечной разработке грунта драглайн размещается обычно на берме, между выемкой и отвалом. Но в некоторых случаях его ось может проходить как в полосе выемки, так и в полосе отвала. Полоса, в которой может быть размещен экскаватор, определяется его рабочими параметрами R_p и R_v .

Учитывая опыт строительства котлованов драглайнами, величину шага экскаватора «Ш», при поперечной разработке, принимают не более $1/3$ длины стрелы драглайна. В противном случае появляются значительные недоборы вдоль откоса выемки, которые потребуют впоследствии значительных затрат на планировку.

Среднее значение угла поворота экскаватора определяется между направлением на центр тяжести выемки и направлением на центр тяжести отсыпки грунта с одной стороны (угол β).

Необходимо так организовать работу, чтобы грунт перемещался из той части выемки, которая лежит ближе к экскаватору, в дальнюю часть отвала, а из дальней части выемки, в ближнюю часть отвала. Этим достигается работа экскаватора с углами поворота, близкими к среднему.

Наиболее экономичной будет разработка грунта без дополнительных перекидок и передвижек, что достигается выбором такого экскаватора, рабочие параметры которого были бы увязаны с размерами сечения выемки.

Для ведения эффективной продольной разработки параметры экскаватора должны удовлетворять следующим условиям:

1. Радиус выгрузки драглайна R_v должен быть равен расстоянию от оси выемки до дальней бровки отвала или несколько больше него:

$$R_v \geq A. \quad (5.14)$$

Согласно обозначениям:

$$A = b/2 + m \times H + c + m_k \times H_k + a_k; \quad (5.15)$$

где: b – ширина выемки;
 m – коэффициент заложения откоса выемки;
 H – глубина выемки;
 c – ширина бермы;
 m_k – коэффициент заложения откоса отвала;
 H_k – высота отвала;
 a_k – ширина отвала поверху.

2. Глубина резания экскаватора H_p должна быть не меньше глубины выемки H :

$$H_p \geq H; \quad (5.16)$$

Исключение составляют случаи разработки глубоких выемок в несколько ярусов по высоте, когда глубина резания должна быть не меньше высоты одного яруса выемки.

3. Высота выгрузки драглайна H_B должна быть равна высоте отвала H_k или больше нее:

$$H_B \geq H_k; \quad (5.17)$$

При работе с погрузкой на транспорт высота выгрузки должна быть с запасом не менее 0,5 м над погрузочной высотой транспортных средств (над бортами кузова).

Необходимо, чтобы ширина ковша b_k экскаватора была не больше ширины выемки понизу b .

Желательно, чтобы соблюдалось условие:

$$b \geq 1,5 b_k; \quad (5.18)$$

Рассмотренные условия выбора рабочих параметров экскаваторов драглайн основаны на использовании предельных значений. Такие случаи допускаются только на отдельных участках, имеющих предельные (наибольшие или наименьшие) размеры поперечных сечений выемки.

Необходимо, в частности, ориентироваться на радиус резания R_p без заброса, так как при работе с забросом производительность снижается до 15 %, а в целом, исключая предельные состояния работы машин, можно добиться гораздо лучших показателей.

5.5.2 Технологические особенности и область применения рабочего оборудования прямая лопата.

Короткая стрела (примерно в два раза меньшая, чем у драглайнов) и размещение экскаватора на дне забоя исключают применение этого вида рабочего оборудования для работы в отвал. Прямую лопату используют при работе с погрузкой в транспортные средства, кроме случаев разработки выемок на косогорах. На рисунке 5.28 представлен рабочий цикл экскаватора оборудованного прямой лопатой.

При разработке грунта одноковшовыми экскаваторами работы ведутся позиционно – с забоя.

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

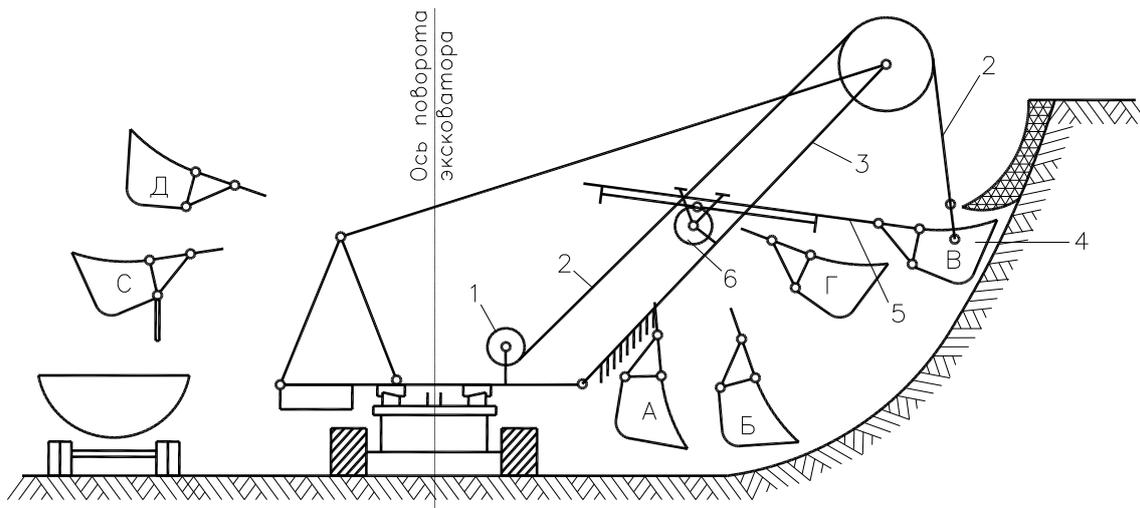


Рисунок 5.28 – Рабочий цикл экскаватора оборудованного прямой лопатой

Процесс разработки грунта экскаватором, оборудованным прямой лопатой, складывается из следующих последовательных операций:

- 1) резание грунта и заполнение ковша (копание), (позиция В);
- 2) подъем ковша с грунтом, (позиция Г);
- 3) поворот экскаватора вокруг оси к месту выгрузки, (позиция Д);
- 4) выгрузка грунта из ковша, (позиция С);
- 5) обратный поворот экскаватора в забой, (позиция А);
- 6) опускание ковша, (позиция Б);
- 7) подача ковша в исходное положение, (позиция В).

Рабочие параметры экскаватора оборудованного прямой лопатой представлены на рисунке 5.29.

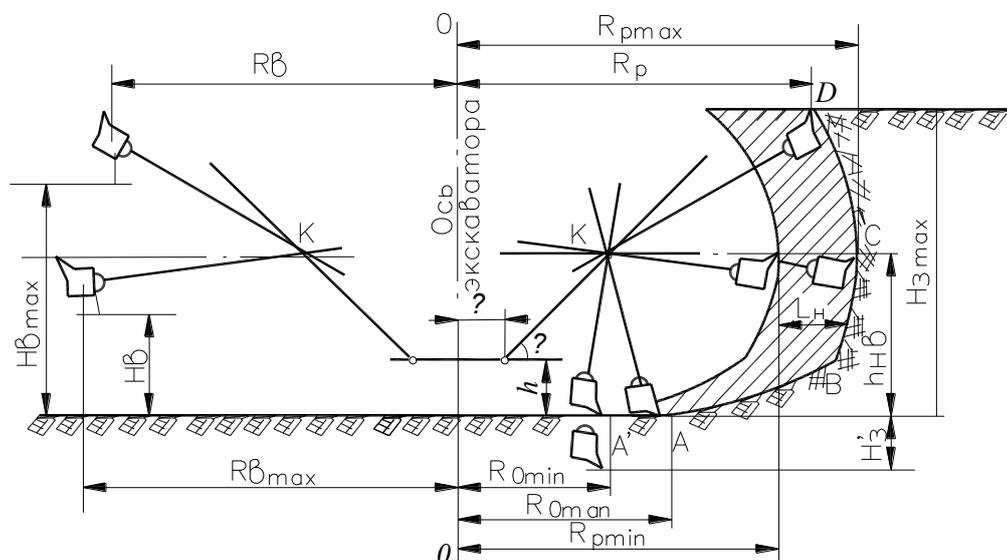


Рисунок 5.29 – Рабочие параметры экскаватора оборудованного прямой лопатой

Каждый из экскаваторов, применяемый на земляных работах, характеризуется рабочими параметрами, определяющими предельные размеры выемки, которая может быть выполнена экскаватором с одной стоянки.

В забое необходимо различать минимальные и максимальные рабочие параметры резания экскаватора позволяющие разработать объем призмы (призма заштрихована). Минимальные рабочие параметры резания экскаватора это:

– $R_{0 \min}$ (минимально возможный радиус резания, обусловленный техническими возможностями ЭО);

– $R_{0 \max}$ (максимально возможный радиус резания, при минимальных параметрах в нижней точке забоя, когда нет заглубления забоя);

– $R_{p \min}$ (максимально возможный минимальный рабочий радиус резания, при минимальных параметрах в забоя;

Максимальные рабочие параметры резания экскаватора это:

– $R_{p \max}$ (максимально возможный рабочий радиус резания, при максимальных параметрах в забоя);

– R_p (рабочий радиус резания, при максимальных параметрах в забоя).

Что касается высоты копания, то имеем: – минимальная глубина заглубления в забое, характеризуется исключительно техническими возможностями ЭО–Нз;

– $h_{нв}$ – номинальная высота забоя, фиксирующаяся при максимальном радиусе резания;

$H_{з \max}$ – максимальная высота забоя, фиксирующаяся при рабочем радиусе резания;

Что касается разгрузки ЭО, имеем: максимальную высоту выгрузки ($H_{в \max}$) которая будет при максимальном вылете радиуса стрелы $R_{в}$ и максимальном ее подъеме.

Номинальная высота выгрузки $H_{в}$ будет при максимальном вылете радиуса стрелы $R_{в \max}$ и номинальном подъеме стрелы.

Наиболее характерными радиусами резания являются:

1 – наибольший радиус резания и 2 – радиус резания на уровне стояния.

Каждый из них имеет два значения: 1 – минимальное, при втянутом до отказа назад положении напорной рукоятки и 2 – максимальное, при выдвижении рукоятки вперед напорным механизмом.

Величина их зависит также от угла наклона стрелы.

Наибольший радиус резания экскаватора измеряется на уровне расположения напорного вала. При этом рукоять должна быть поднята в такое положение, чтобы зубья ковша находились также на уровне напорного механизма.

Минимальный радиус резания на уровне стояния прямой лопаты определяется расстоянием от оси экскаватора до точки касания земли зубьями ковша.

Минимальная высота забоя прямой лопаты соответствует глубине выемки, при которой достигается заполнение ковша за одно черпание определяется по формуле:

$$H_{\min} \approx -\frac{qK_n}{K_p} \cdot \frac{1}{h \cdot b_k} \quad (5.19)$$

где :
 q – геометрическая емкость ковша, м³;
 K_n, K_p – коэффициенты наполнения ковша и разрыхления грунта;
 h – толщина срезаемой стружки, м;
 b_k – ширина ковша, м.

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, что представлено в следующей таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименьшее значение высоты забоя для прямых лопат

Группа грунта	Емкость ковша, м ³				
	0,25	0,5	1,0	2,0	3,0
Первая	1,3	1,5	2,0	3,0	3,5
Вторая	1,8	2,0	2,5	3,5	4,0
Третья	2,2	2,5	3,0	4,0	5,0

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

При лобовом забое экскаватор разрабатывает за один проход грунт впереди и сбоку от оси хода, которая совмещается с осью выемки, данная технологическая схема представлена на рисунке 5.30. Разрабатываемый грунт либо идет в отвал, как показано на рисунке, либо грузится в транспортные средства, располагаемые на уровне подошвы забоя сзади по ходу экскаватора.

При боковой разработке экскаватор черпает грунт преимущественно сбоку от оси по ходу экскаватора, что представлено на рисунке 5.31. Грунт выгружается в транспортные средства, размещаемые либо на уровне стояния экскаватора, либо несколько выше на уступе.

С одной стоянки экскаватор может выбрать грунт впереди себя на длину не больше, чем длина напорного хода рукояти – l_n .

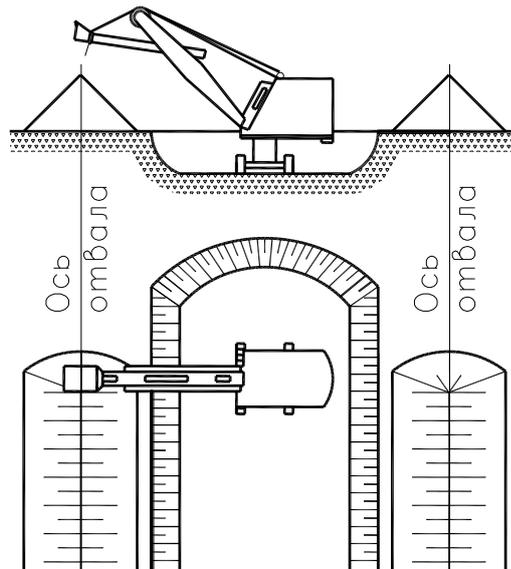


Рисунок 5.30 – Технологическая схема работы экскаватора оборудованного прямой лопатой при лобовом забое

Для продолжения разработки экскаватор должен передвинуться на новую стоянку. В связи с тем, что практически длина напорного хода рукояти используется не полностью, величина шага экскаватора определяется как:

$$\text{Ш} = (0,75 - 0,80) \times \text{лн.} ; \quad (5.20)$$

где: лн – длина напорного хода рукояти экскаватора.

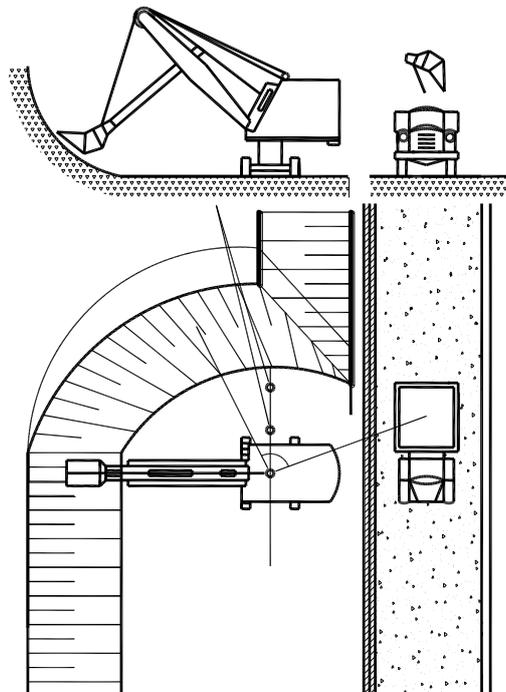


Рисунок 5.31 – Технологическая схема работы экскаватора оборудованного прямой лопатой при боковом забое

Данные технологические схемы можно применять как в курсовом, так и в дипломном проектировании.

Чтобы уменьшить величину недоборов по откосу уступа, не допускают работу экскаватора с предельными значениями радиусов резания. Тогда с учетом длины шага экскаватора расстояние от оси экскаватора до бровки откоса забоя не может быть больше и определяться как:

Предельное значение радиуса резания ЭО с учетом его шага определяется как:

$$B_1 = \sqrt{R_p^2 - Ш^2}, \quad (5.21)$$

где: R_p – радиус резания;

$Ш$ – величина шага экскаватора.

Расстояние от оси экскаватора до подошвы забоя со стороны транспортных средств может быть определено как:

$$B_2 = R_{0\max} \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) = \frac{R_{0\max}}{\sqrt{2}}, \quad (5.22)$$

где: $R_{0\max}$ – наибольший радиус резания на уровне стоянки экскаватора.

Наибольшая целесообразная ширина одной ленты при боковой разработке:

$$B_{л} = B_1 + B_2 - (R_p - R_{0\max}). \quad (5.23)$$

Практически ширину ленты разработки принимают несколько меньше, чтобы уменьшить среднее значение угла поворота экскаватора в плане, от величины которого в значительной мере зависит продолжительность цикла и производительность ЭО в целом.

В процессе разработки грунта прямой лопатой откосы выемки получают криволинейную форму, близкую к очертанию откосов забоя, что обычно не соответствует требуемой проектной форме откоса. В результате по откосам выемки появляются недоборы, требующие последующих доработок другими механизмами (драглайнами, бульдозерами, и др.).

Значительное сокращение объема недоборов может быть достигнуто правильной разбивкой сечения выемки на ярусы и ленты. Для этого ширина лент разработки, шаг экскаватора и другие технологические параметры не должны быть предельными, что позволяет благодаря совокупности технологических приемов чище выполнять откос. Откосы следует зачищать в каждом ярусе после его разработки, чем обеспечивается возможность уборки обрушенного вниз грунта, тем же экскаватором при разработке грунта в нижележащем ярусе.

5.5.3 Технологические особенности и область применения рабочего оборудования обратная лопата

При разработке грунта одноковшовыми экскаваторами работы ведутся позиционно – с забоя.

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

Процесс разработки грунта экскаватором оборудованным обратной лопатой складывается из следующих последовательных операций, представленных на рисунке 5.32:

- 1) резание грунта и заполнение ковша (копание), (позиция (А));
- 2) подъем ковша с грунтом, (позиция (Г));
- 3) поворот экскаватора вокруг оси к месту выгрузки;
- 4) выгрузка грунта из ковша, (позиция (Д));
- 5) обратный поворот экскаватора в забой, (позиция (В));
- 6) опускание ковша, (позиция (Б));
- 7) подача ковша в исходное положение для резания грунта, (позиция (А)).

Если подвеска стрелы на ЭО гибкая, то рабочее оборудование обратная лопата не имеет принудительного напора, и тогда его можно применять только для разработки легких грунтов, по третью категорию включительно. В таблице 5.5 представлена область применения ЭО с рабочим оборудованием обратная лопата.

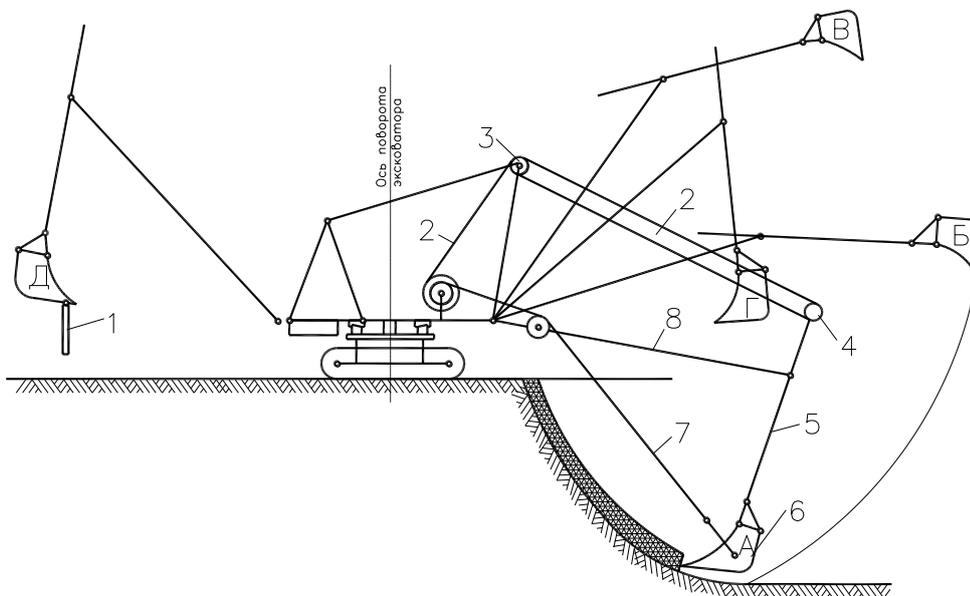


Рисунок 5.32 – Рабочий цикл обратной лопаты

Таблица 5.5 – Область применения ЭО с рабочим оборудованием обратная лопата

Основные виды выполняемых работ	Особенности применения экскаваторов
Разработка грунта в траншеях под инженерные коммуникации.	Разработка грунта только ниже уровня стояния; Возможная экскавация грунтов любой влажности, в том числе черпание из-под воды.
Разработка грунта в выемках некрупных котлованов в отвал и с погрузкой в транспорт.	Отсыпка грунта в основном в отвал; на транспорт работают неудовлетворительно (из-за переменного радиуса выгрузки).

Разработку грунта обратными лопатами можно вести продольным или поперечным способами. При продольной разработке экскаватор перемещается по оси выемки и отсыпает грунт на две стороны или на одну, как представлено на рисунке 5.33.

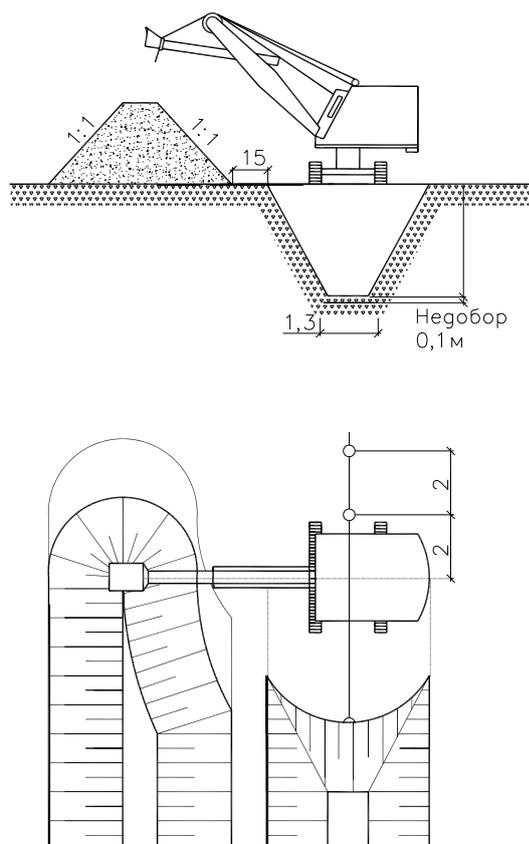


Рисунок 5.33 – Технологическая схема продольной разработки отсыпкой грунта в отвал

С отсыпкой в отвал на одну сторону, отчетливо видно два радиуса выгрузки: начальный и конечный, которые и образуют фронт выгрузки.

Это можно также наглядно видеть на рисунке 5.34, где представлена разработка траншеи.

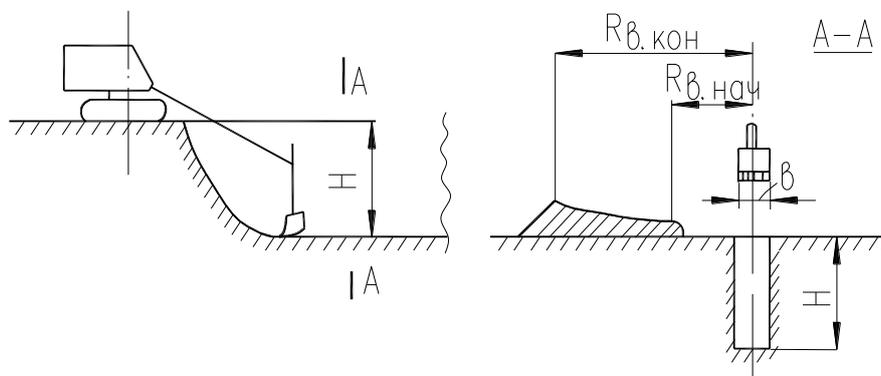


Рисунок 5.34 – Технологическая схема разработки траншеи.

Откосы траншеи при разработке связных грунтов могут быть вплоть до вертикальных. Однако, наименьшая возможная ширина выемки равняется ширине ковша обратной лопаты. При продольной разработке сечений в связных грунтах откосы выемок приобретают ступенчатую форму, что представлено на рисунке 5.35. Доработка откосов в этом случае трудоемкая процедура и качество откосов траншеи это, прежде всего мастерство машиниста экскаватора, а затем разумное требование производителя работ.

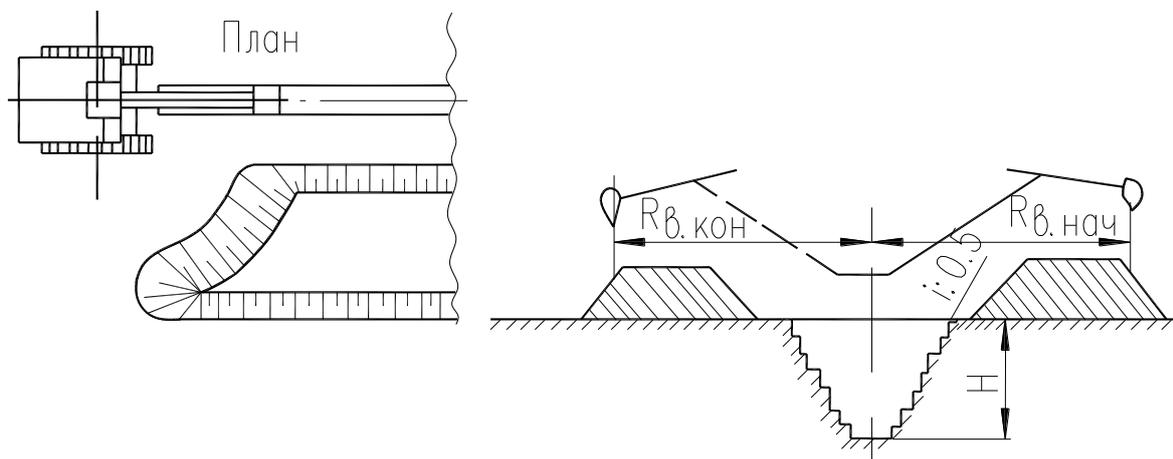


Рисунок 5.35 – Ступенчатая форма откосов выемок в связных грунтах

Наибольшая возможная ширина выемки при продольной разработке зависит от конструктивно-технологических характеристик экскаватора или от размещения отвалов грунта.

Если это работа с погрузкой в транспорт, при удалении грунта от ЭО, то в данном случае ширина выемки зависит только от количества проходок ЭО, что наглядно видно на рисунке 5.36.

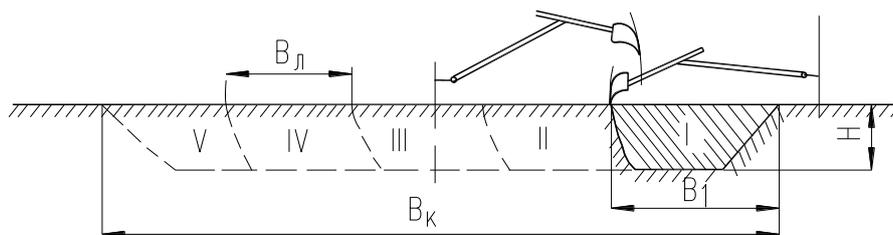


Рисунок 5.36 – Технологическая схема разработки широкой выемки за несколько проходов с погрузкой грунта в транспорт

Для получения более ровной поверхности откосов и для устройства траншей с малой шириной по дну, применяются специальные профильные ковши.

Технические возможности при поперечной разработке выемки с погрузкой грунта в транспорт, или при работе в отвал такие-же, как и при продольной разработке, только как в том, так и в этом случае имеются принципиальные ограничения по движению в направлениях – надо все время двигаться либо вдоль, либо поперек оси выемки и никак иначе.

Если грунт на вывоз то нет проблем в организации территории строительства, если грунт в отвал, то надо видеть перспективы развития территории строительного объекта, учитывать место необходимое для отвала. На рисунке 5.37 представлена технологическая схема при поперечной разработке выемки с погрузкой грунта в транспорт.

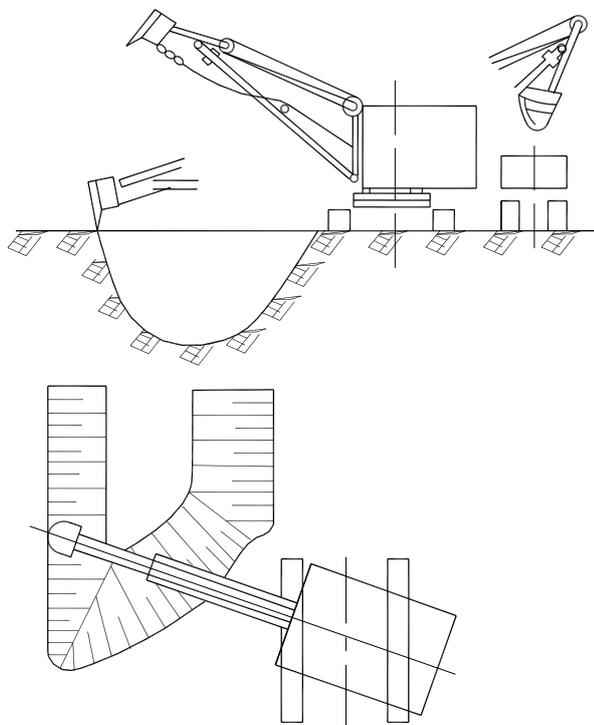


Рисунок 5.37 – Технологическая схема при поперечной разработке выемки с погрузкой грунта в транспорт

5.5.4 Производительность одноковшовых экскаваторов

Конструктивная или теоретическая производительность за час непрерывной работы может быть определена следующим образом:

$$P_k = 60qp', \quad (\text{м}^3/\text{ч}), \quad (5.24)$$

где: q – геометрическая емкость ковша, м^3 (см. таблицу 5.6);

p' – число циклов в единицу времени (минуту) при расчетных условиях.

Таблица 5.6 – Определение емкости ковша экскаватора

Объем грунта в котловане, м^3	Емкость ковша экскаватора, м^3
до 500	0,15
500...1500	0,24 и 0,3
1500...5000	0,5
2000...8000	0,55
6000...11000	0,8
11000...15000	1,0
13000...18000	1,25
15000...	1,5

Техническая производительность должна соответствовать конкретным условиям работы в забое:

$$P_t = 60qK_n K'_p n \quad (\text{м}^3/\text{ч}); \quad (5.25)$$

где: K_n – коэффициент наполнения ковша;

K'_p – коэффициент приведения объема рыхлого грунта к первоначальному объему в состоянии его естественной плотности;

n – число циклов в минуту в конкретных условиях забоя.

Все величины, входящие в это уравнение, кроме геометрической емкости ковша для конкретного экскаватора, переменные, зависящие от емкости ковша, грунтовых условий, формы и размера забоя, квалификации машиниста.

Технической производительностью пользуются при комплектовании экскаваторов с транспортными средствами, размещении экскаваторов по фронту работ и т. д.

Эксплуатационной – называется средняя фактическая производительность экскаватора при работе в конкретных условиях с учетом неизбежных простоев:

$$P_z = P_t \times K_v = 60 q K_n K'_p n K_v, \quad (\text{м}^3/\text{ч}), \quad (5.26)$$

где: K_v – коэффициент использования рабочего времени машины, представляющий собой отношение времени чистой работы ко всему затраченному времени.

Эксплуатационную производительность используют для организации и планирования экскаваторных работ, выдачи производственных заданий экскаваторным бригадам.

Произведение: $q K_n K'_p$ – характеризует объем грунта в плотном теле, разрабатываемый экскаватором за один цикл.

Величина K_n зависит от вида грунта, его влажности, глубины забоя, емкости ковша экскаватора, а также квалификации машиниста.

Максимальные значения коэффициента K_n можно видеть в таблице 5.7. При этом высота забоя во всех случаях должна обеспечивать наполнение ковша за один прием без повторных наборов.

Таблица 5.7 – Максимальные значения коэффициента K_n

Виды грунта	K_n	
	прямая лопата	драглайн
Песок и гравий сухие, щебень и хорошо взорванная скала	0,95-1,02	0,8-0,9
Песок и гравий влажные	1,15-1,23	1,1-1,2
Суглинок – влажный	1,05-1,12 1,20-1,32	0,8-1,0 1,15-1,25
Глина средняя – влажная – тяжелая	1,08-1,18 1,30-1,50 1,00-1,10	0,98-1,06 1,18-1,28 0,95-1,00
Плохо взорванная скала	0,75-0,90	0,55-0,80

Числа циклов n в единицу времени (минуту) зависит от конструктивных особенностей экскаватора, грунтовых условий, формы и размеров забоя:

$$n = \frac{60}{t_{ц}} \quad , \quad (5.27)$$

где: $t_{ц}$ – продолжительность одного цикла, с.

В свою очередь:

$$t_{ц} = t_k + t_{п} + t_v + t'_{п} \quad , \quad (5.28)$$

где: t_k – продолжительность капания;

$t_{п}$ – продолжительность поворота на выгрузку;

t_v – продолжительность выгрузки;

$t'_{п}$ – продолжительность поворота в забой.

Продолжительность отдельных элементов цикла в большой степени зависит от плотности разрабатываемого грунта, угла поворота экскаватора в плане и квалификации экскаваторщиков.

Влияние групп грунта и углов поворота в плане может быть учтено при определении продолжительности цикла по формуле:

$$t_{ц} = t_{э}(AK_{с} + BK_{\beta}), \quad (5.29)$$

- где: $t_{э}$ – расчетная продолжительность цикла в условиях, принятых за эталон (грунт I - группы, угол поворота в плане $\beta = 90^{\circ}$);
 A – продолжительность копания и разгрузки, в долях единицы от общей продолжительности цикла;
 B – то же, для продолжительности поворотов (значения A и B колеблются от 0,35 до 0,65, причем для ковшей малой емкости преобладает доля, приходящаяся на копание и разгрузку, а для ковшей большой емкости - доля, падающая на повороты. Среднее значение A и B равно 0,5);
 $K_{с}$ – коэффициент, характеризующий изменение продолжительности операций копания и разгрузки при переходе от грунта I группы к грунтам других групп;

Группы грунтов.	I	II	III	IV
Значение $K_{с}$	1,0	1,1	1,5	1,9

- K_{β} – коэффициент, характеризующий изменение продолжительности операций поворотов при значении угла поворота, не равном 90° :

Углы поворотов, $^{\circ}$	70	90	120	150	180
Значения K_{β}	0,84	1,00	1,25	1,49	1,74

Разница по величине между технической и эксплуатационной производительностью экскаваторов обуславливается неизбежными перерывами, которые бывают при работе экскаваторов. Коэффициент использования рабочего времени машин и механизмов устанавливается на основании анализа режима их эксплуатации. Для одноковшовых экскаваторов в условиях строительства величина коэффициента использования рабочего времени за час равна около 0,92–0,96; за смену – 0,75–0,85 (в среднем он равен 0,8).

5.5.5 Обоснование технологически сопутствующих машин

Большинство основных машин нуждаются, при производстве строительных работ на подготовительном периоде и «нулевом» цикле, в доукомплектовании технологически сопутствующими машинами. Например, экскаваторы нуждаются в автосамосвалах или землевозных тележках, машины для уплотнения грунта нуждаются в поливочных машинах, обеспечивающих доувлажнение грунта до нужного состояния.

Рассмотрим наиболее подробно обоснование автосамосвалами технологии работы экскаватора. В данном комплекте машин основная машина экскаватор, технологически сопутствующие машины автосамосвалы. Основной принцип организации подобных комплектов машин, да и других комплектов, включающих сопутствующие машины, состоит в том, чтобы была обеспечена бесперебойная и эффективная работа основной строительной машины.

Перевозка разработанного грунта в котловане экскаватором осуществляется автосамосвалами.

Техническая производительность транспортного средства: находится по формуле:

$$\Pi_T = (60 \cdot Q_{\text{гр}}) / T_{\text{тр}}, \quad (5.30)$$

где: $Q_{\text{гр}}$ – объем грунта в кузове самосвала, м^3 ;

$T_{\text{тр}}$ – продолжительность цикла транспортной единицы, мин.

Объем грунта в кузове самосвала определяется по формуле:

$$Q_{\text{гр}} = Q / \gamma_{\text{гр}}, \quad (5.31)$$

где: Q – грузоподъемность транспортного средства, т;

$\gamma_{\text{гр}}$ – объемный вес грунта, $\text{т}/\text{м}^3$.

Продолжительность цикла транспортной единицы:

$$T_{\text{тр}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5, \quad (5.32)$$

где: t_1 – время подачи самосвала на загрузку, мин,

t_2 – время загрузки, находится по формуле (5.33);

t_4 – время выгрузки грунта самосвалом, мин;

t_5 – время на порожний ход, мин. ($t_5 = t_3$).

$$t_2 = 60 \times Q_{\text{гр}} \times K / \Pi_T, \quad (5.33)$$

где: K – коэффициент случайной задержки, принимается равным $K = 1,1$.

t_3 – продолжительность груженого хода, находится по формуле:

$$t_3 = l / V, \quad (5.34)$$

где: l – длины участков транспортного пути с разными дорожными условиями, м.

Если невозможно учесть условия пути и скорости передвижения на разных отрезках его, необходимо принимать средние скорости для автомобилей-самосвалов в условиях грунтовых малоукатанных дорог.

При производстве земляных работ загрузку транспортных средств необходимо обеспечивать целым числом ковшей:

$$m = \frac{q}{\gamma_{\text{гр}} \times q \times K_{\text{н}} \times K_{\text{р}}}, \quad (5.35)$$

где: m – требуемое число ковшей;

q – геометрическая емкость ковша экскаватора, м^3 ;

$K_{\text{н}}$ – коэффициент наполнения ковша, принимается равным от 1,1 до 1,3;

$K_{\text{р}}$ – коэффициент разрыхления грунта, принимается в зависимости от вида грунта.

Принимать следует целое (меньшее) число ковшей.

Эксплуатационная производительность транспортной единицы определяется по формуле:

$$P_{\text{э.тр.}} = P_{\text{т. тр.}} \times t \times K_{\text{в}}, \text{ м}^3/\text{смену}. \quad (5.36)$$

Для определения требуемого количества автомобилей-самосвалов в комплекте с ведущей машиной экскаватором используем формулу:

$$L = P_{\text{э.эк.}} / P_{\text{э. тр.}}, \quad (5.37)$$

где: L – количество автомобилей-самосвалов в комплекте с ведущей машиной, шт.

Принимать следует целое (большее) число автомобилей-самосвалов для удовлетворения потребности ведущей машины экскаватора.

Также необходимо осуществить обоснование и других сопутствующих машин в выбранных комплектах. Количество машин N необходимых для бесперебойной работы, определяется по формуле:

$$N = \frac{T_{\text{ц}}}{t_{\text{п}}}; \quad (5.38)$$

где: T_ц – продолжительность одного транспортного цикла, час;

t_п – продолжительность погрузки автотранспорта, мин.

$$T_{\text{ц}} = \frac{L}{V_{\text{гр}}} + \frac{L}{V_{\text{пор}}} + t_{\text{р}} + t_{\text{м}}; \quad (5.39)$$

где:

- L – расстояние перевозки, км;
- V_{гр}, V_{пор} – скорость автотранспорта с грузом и без него;
- t_р – продолжительность разгрузки, (принимается 1–2мин);
- t_м – продолжительность маневрирования, (составляет 2–3мин).

Принимается: V_{гр}=0,4V_{max}; V_{пор}=0,6V_{max}.

Выбранный комплект машин для производства работ на подготовительном периоде и на «нулевом» цикле должен быть сведен в таблицу 5.8

Таблица 5.8 – Комплект машины для производства работ на "нулевом" цикле

№п/п	Наименование машин	Марка	Кол-во	Техническая Характеристика
1	2	3	4	5

6 Безопасность жизнедеятельности и экологичность проектных решений

В проекте должны быть отражены основные требования безопасности жизнедеятельности при последовательном рассмотрении технологии и организации земляных работ на строительной площадке, а также подготовительного периода, с целью выявления потенциальных опасностей, как для производящих работу, так и для окружающей среды.

При производстве работ подготовительного периода необходимо обращать внимание на следующие, наиболее значимые и опасные производственные процессы: валка деревьев нажимом отвала бульдозера; корчевка крупных пней посредством прямой тяги трактора или через корчевальную лебедку; корчевка пней взрывным способом, уничтожение кустарника химическими методами; разрушение крупных камней гидромолотом; разрушение крупных камней взрывным способом и другие.

При производстве работ нулевого цикла необходимо обращать внимание на следующие, наиболее значимые факторы безопасности производственных процессов: назначение крутизны пути выезда на насыпь; назначение крутизны пути съезда с насыпи; назначение крутизны откосов котлована (траншеи); ограничение предельной высоты забоя при работе экскаватора; назначение мест складирования материалов в зонах возможного обрушения грунта; обоснование выбора установки крана при погрузочно-разгрузочных работах, обоснование опасной зоны работы монтажного крана и другие.

Список рекомендуемых источников

1. А. Н. Дроздов «Строительные машины и оборудование»: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / А. Н. Дроздов. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 448 с.

2. В. И. Теличенко. «Технология строительных процессов» В 2 ч. Ч. 2: учебник В. И. Теличенко, О. М. Терентьев, А. А. Лapidус. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 2009. – 329 с.

3. А. Ф. Юдина. «Технологические процессы в строительстве»: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / А. Ф. Юдина, В. В. Верстов, Г. М. Бадьин. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 304 с.

Список дополнительных источников

1. Технология строительных процессов: учебник / под ред. Н. Н. Данилова. – М.: высш. шк., 2002. – 464 с.

2. Технология строительных процессов: учебное пособие. В 3 Ч. под ред. проф. Б. Н. Пономаренко. – Краснодар: КГАУ, 2001. – 310 с.

3. СНиП 12-03-2001. «Безопасность труда в строительстве». Часть 1. Общие требования. – М.: ГУП ЦПП, 2001.

4. СНиП 12-04-2002. «Безопасность труда в строительстве». Часть 2. Строительное производство. – М.: ГУП ЦПП, 2002.

5. СП 126.13330.2012. Геодезические работы в строительстве. – М.: Минрегион России, 2012.

6. СП 14.13330.2011. Строительство в сейсмических районах. – М.: ОАО ЦПП, 2011.

7. СНиП 2.06.15-85. Инженерная защита территории от затоплений и подтоплений. – М.: ГУП ЦПП, 2001.

8. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. – М.: Минрегион России, 2012.

9. СП 45.13330.2012. Земляные сооружения, основания и фундаменты. – М.: Минрегион России, 2012.

Приложения

Приложение А

Таблица 1 – Коэффициенты разрыхления грунта

№ п/п	Грунты	Коэффициент разрыхления	
		первоначальный $K_{пер}$	остаточный $K_{ор}$
1	Песок и супесь без примеси	1,08–1,17	1,01–1,025
2	Мелкий и средний гравий	1,14–1,28	1,015–1,05
	Растительный грунт с примесями		
	Лёсс нормальной влажности		
	Песок с примесями щебня и гравия		
	Легкий и лёссовидный суглинок		
	Супесь с примесью гравия и щебня		
3	Торф	1,20–1,30	1,03–1,04
4	Глина мягкая, жирная	1,24–1,30	1,04–1,07
	Лёсс сухой		
	Суглинок тяжелый		
5	Галька крупная	1,26–1,32	1,06–1,09
	Глина ломовая, морённая, сланцевая		
	Суглинок с примесью щебня и гравия		
	Суглинок тяжелый с примесью щебня и гравия		

Таблица 2 – Углы естественного откоса грунтов

Грунт	При глубине, м, до					
	1,5		3,0		5,0	
	Угол между направлением откоса и горизонталью, град	Отношение высоты откоса к заложению	Угол между направлением откоса и горизонталью, град	Отношение высоты откоса к заложению	Угол между направлением откоса и горизонталью, град	Отношение высоты откоса к заложению
Насыпной	56	1:0,6	45	1:1	38	1:1,25
Насыпной (песчаный, гравийный)	63	1:0,5	45	1:1	45	1:1
Глинистый:						
супесь	76	1:0,25	56	1:0,67	50	1:0,85
суглинок	90	1:0	63	1:0,5	53	1:0,75
глина	90	1:0	76	1:0,25	63	1:0,5
лѣс и лѣсовидный сухой	90	1:0	63	1:0,5	63	1:0,5
Морѣнный:						
песчаный	76	1:0,25	60	1:0,57	53	1:0,75
супесчаный	76	1:0,25	60	1:0,57	53	1:0,75
суглинистый	78	1:0,2	63	1:0,5	57	1:0,65
Примечание: При глубине выемки свыше 5м крутизна откоса устанавливается по расчету.						

Таблица 3 – Углы естественного откоса грунтов

Вид	Грунт					
	Влажность					
	сухой		влажный		мокрый	
Гравий	40	1:1,25	40	1:1,25	35	1:1,5
Галька	35	1:1,5	45	1:1	25	1:2,25
Песок	28	1:2	35	1:1,5	25	1:2,25
Глина	45	1:1	35	1:1,5	15	1:3,75
Суглинок	40	1:1,25	30	1:1,75	20	1:2,75
Растительный грунт	40	1:1,25	35	1:1,5	25	1:2,75
Насыпной грунт	35	1:1,5	45	1:1	27	1:2

Приложение В

Таблица 4 – Оптимальные параметры при уплотнении грунтов

Грунт	Пределы колебаний	
	оптимальной влажности, %	наибольшей плотности, т/м ³
Песчаный	8–12	1,75–1,95
Супесчаный	9–15	1,65–1,85
Пылеватый	14–23	1,60–1,82
Суглинистый	12–18	1,65–1,85
Суглинистый тяжелый	15–22	1,60–1,80
Суглинистый пылеватый	17–23	1,58–1,78
Глинистый	18–25	1,55–1,75

Таблица 5 – Число смен работы в году машин для земляных работ

Наименование машин	Число рабочих смен
Бульдозеры	306
Скреперы прицепные, емк. ковша до 8 м ³	172
То же, емк. ковша более 8 м ³ – самоходные скреперы	300
Экскаватор одноковшовый, емк. ковша – 0,15 м ³	256
То же, емк. ковша 0,4 м ³	300
То же, емк. ковша от 0,6 до 2 м ³	384
То же, емк. ковша от 2,5 до 3 м ³	425
Автомобили – самосвалы грузоподъемностью до 12 т включительно	343
То же грузоподъемностью 12 т	425

Учебное издание

Дегтярёв Георгий Владимирович
Коженко Наталья Владимировна

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ПЕРИОДА
И ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ
ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

Учебное пособие

Авторская редакция

Подписано в печать _____ г. Формат 60 × 84 ¹/₈.

Усл. печ. л. – 11,3. Уч.-изд. л. – 6,6.

Тираж 300 экз. Заказ № _____.

Типография Кубанского государственного
аграрного университета.
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13