

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,  
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ  
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

С. В. Набздоров, Е. А. Вчерашний

# **ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ МЕЛИОРАТИВНОГО И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

*Рекомендовано учебно-методическим объединением  
по образованию в области сельского хозяйства  
в качестве учебно-методического пособия для студентов  
учреждений, обеспечивающих получение высшего образования  
I ступени по специальности 1-74 06 04 Техническое обеспечение  
мелиоративных и водохозяйственных работ*

Горки  
БГСХА  
2021

УДК 626.8+631.6(075.8)

ББК 38.778+31.57 я73

Н13

*Одобрено методической комиссией  
факультета механизации сельского хозяйства 28.09.2020 (протокол № 1)  
и Научно-методическим советом БГСХА 28.10.2020 (протокол № 2)*

Авторы:

старшие преподаватели *С. В. Набздоров, Е. А. Вчерашний*

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент *О. П. Мешик*;  
начальник проектно-исследовательской группы ОАО «Управляющая  
компания холдинга» «Могилевводстрой» *С. Н. Шидловский*

**Набздоров, С. В.**

Н13

Технология и организация мелиоративного и водохозяйственного строительства : учебно-методическое пособие / С. В. Набздоров, Е. А. Вчерашний. – Горки : БГСХА, 2021. – 331 с. : ил.

ISBN 978-985-882-173-9.

Изложены основы технологии и организации строительства основных сооружений мелиоративных и водохозяйственных систем – каналов, закрытого дренажа, дорог, грунтовых насыпных и намывных плотин и дамб, гидротехнических сооружений, а также ремонтно-эксплуатационных работ на них. Рассматривается производство комплексно-механизированных работ и техническое нормирование в строительстве. Освещены вопросы по организации строительства и проекта производства работ, а также организации работы строительного транспорта в мелиоративном и водохозяйственном строительстве.

Для студентов учреждений, обеспечивающих получение высшего образования I ступени по специальности 1-74 06 04 Техническое обеспечение мелиоративных и водохозяйственных работ.

УДК 626.8+631.6(075.8)

ББК 38.778+31.57 я73

**ISBN 978-985-882-173-9**

© УО «Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия», 2021

## ВВЕДЕНИЕ

Научные исследования и многолетняя практика мелиоративного и водохозяйственного строительства показали, что эффективность этого вида строительного производства во многом зависит от уровня применяемой технологии и организации строительства.

Рациональная, ресурсосберегающая технология в сочетании с оптимальными методами и способами организации строительства объектов позволяет:

- сократить сроки строительства;
- повысить производительность труда и качество строительства;
- сократить потребности строительства во всех видах ресурсов;
- повысить уровень механизации и снизить себестоимость строительства мелиоративных и водохозяйственных объектов.

Именно эти параметры (сроки строительства, производительность труда, качество, потребность в ресурсах, уровень механизации, себестоимость) являются основными критериями, определяющими эффективность любого вида строительного производства. В условиях рыночных отношений, которые предусматривают материальную ответственность подрядных строительных организаций за результаты своей хозяйственной деятельности, эти критерии имеют особое значение, так как напрямую определяют все показатели работы любой строительной организации.

Цель дисциплины «Технология и организация мелиоративного и водохозяйственного строительства» – формирование знаний, умений и профессиональных компетенций по технологии и организации строительства мелиоративных и водохозяйственных объектов различного назначения.

Полученные и усвоенные студентами знания, умения и профессиональные компетенции позволят будущему специалисту самостоятельно решать комплекс задач.

Основные задачи учебной дисциплины:

- научить студентов проектировать технологию производства отдельных видов работ и технологию строительства объектов с учетом конкретных природно-климатических и производственных условий и реальных возможностей подрядных строительных организаций;

– научить студентов проектировать организацию производства отдельных видов работ и организацию строительства объектов с учетом технологических и организационных особенностей мелиоративного и водохозяйственного строительства;

– научить студентов использовать современные формы и методы планирования, организации производства отдельных видов работ и организации строительства объектов при разработке и составлении календарных планов строительства и календарных планов производства работ.

Эти знания необходимы специалистам для их успешной работы в проектных, строительных и эксплуатационных организациях, осуществляющих свою хозяйственную деятельность в мелиоративном и водохозяйственном строительстве.

# 1. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕМОНТА МЕЛИОРАТИВНЫХ КАНАЛОВ

## 1.1. Строительные и водно-физические свойства грунтов

Основным обрабатываемым материалом при устройстве и ремонте каналов является грунт.

Все нескальные грунты в зависимости от минералогического и механического состава делятся на *несвязные* (пески) и *связные* (глинистые). Особую группу составляют *растительные грунты* и различные виды *торфов*.

Твердая фаза нескальных грунтов состоит из отдельных частиц различной крупности и минералогического состава. Наименование частиц в зависимости от крупности (мм): глина – менее 0,005; пыль – 0,005...0,050; песок тонкозернистый – 0,05...0,10; песок мелкозернистый – 0,10...0,25; песок среднезернистый – 0,25...0,50; песок крупнозернистый – 0,5...2,0; гравий – 2...40; галька – 40...200; валуны – более 200.

Наиболее распространенными торфяными грунтами Республики Беларусь являются травяные и лесные.

Расчетными характеристиками грунтов применительно к условиям мелиоративного строительства являются *плотность, внутреннее трение, сцепление, разрыхляемость*.

Плотность минеральных грунтов колеблется в пределах 1500...2000 кг/м<sup>3</sup>. Торфяные грунты в неосушенном состоянии содержат около 10 % сухого вещества, остальное занимает вода.

Внутреннее трение и сцепление грунтов определяют сопротивление их сдвигу и в конечном счете сопротивляемость разработке машинами.

На физические и строительные свойства грунтов, особенно связных, решающее влияние оказывает их *влажность*. Глинистые и суглинистые грунты в зависимости от влажности могут изменять свое состояние от твердого до полужидкого.

Прочность и сопротивление сдвигу глинистых и пылевых грунтов с переходом влажности за пределы пластичности уменьшаются. Сухие глинистые грунты разрабатывать труднее, чем грунты в состоянии оптимальной влажности. Так, сцепление в глинистых грунтах изменяется от 0...0,005 МПа при текучей консистенции до 0,1 МПа при твердой.

Однако переувлажненные грунты также трудно разрабатывать из-за их налипания на рабочие органы машин, особенно это характерно для глинистых грунтов.

Соппротивление песчаных грунтов сдвигу вызывается непосредственным контактом минеральных частиц, в силу чего оно обусловливается чистым трением. В сухом и насыщенном водой состоянии сцепление практически отсутствует, а во влажном обнаруживается за счет капиллярных сил.

Величина угла внутреннего трения в песках также целиком находится в зависимости от плотности и влажности и составляет от 22 до 45° в зависимости от крупности и разрыхленности грунта.

В соответствии с сопротивляемостью разработке машинами все грунты разделены на 11 групп, причем мягкие грунты отнесены к первым трем, полускальные и скальные грунты – к 4...11-й группам. Не следует смешивать группы грунтов с их категориями. Последние устанавливаются по показателям динамического плотномера и применяются для расчетов при проектировании машин.

Важное производственное значение имеет *разрыхляемость* – свойство грунтов увеличиваться в объеме в процессе их разработки. Численной характеристикой разрыхляемости грунтов является *коэффициент разрыхления* – отношение объема отсыпанного грунта к объему, который занимал этот грунт в естественном сложении. Величина коэффициента разрыхления мягких грунтов составляет 1,08...1,30. Меньшие значения относятся к несвязным грунтам (пески, супеси), большие – к глинистым.

Коэффициент разрыхления ( $K_p$ ) используется для перехода от объема рыхлого грунта ( $q_{рых}$ ) к объему в естественном состоянии ( $q_{ест}$ ) и наоборот:

$$q_{ест} = \frac{q_{рых}}{K_p}.$$

Исходя из устойчивости грунтов в зависимости от влажности и возможной деформации поперечных сечений русла канала под воздействием гидродинамического давления грунтового потока, возникающего в процессе их прокладки, трассы водоприемников и каналов условно можно разделить на три категории по сложности проведения строительных работ.

К **первой категории** отнесены торфяные грунты со степенью разложения до 50 %, плотностью более 120 кг/м<sup>3</sup>, влажные и воздушно-сухие пески, а также воздушно-сухие супеси и суглинки. Ко **второй категории** отнесены торфяные грунты со степенью разложения до 50 % и плотностью от 90 до 110 кг/м<sup>3</sup>; со степенью разложения до

50 %, естественной влажности; торфяные грунты с плотностью до  $90 \text{ кг/м}^3$ , естественной влажности, а также супеси и суглинки естественной влажности.

К наиболее сложной **третьей категории** отнесены насыщенные водой минеральные и торфяные грунты. При этом наблюдается большая деформация и разрушение откосов, заиливание дна канала. Технология строительства каналов в этом случае усложняется.

## 1.2. Технологические схемы строительства каналов

Строительству каждого из видов каналов (магистральных, коллекторных, нагорных, ловчих и регулирующих) должна соответствовать определенная рациональная технология, так как производство земляных работ на болотах и заболоченных землях является наиболее сложным и трудоемким процессом в комплексе мелиоративного строительства. Земляные работы часто выполняются в водонасыщенных грунтах относительной влажностью 90...93 % при высоком стоянии грунтовых вод.

В таком состоянии грунты обладают малой устойчивостью, а устраиваемые в них каналы начинают разрушаться даже в процессе строительства вследствие действий гидродинамического давления и осадки торфа.

На основании опыта строительных организаций и научно-исследовательской работы строительство каналов объемом выемки более  $10 \text{ м}^3$  на 1 п. м. на болотах и заболоченных землях при второй – третьей категории сложности обычно выполняют в две стадии. Технология предусматривает вначале создание временного водоприемника в виде пионерной траншеи, составляющей часть поперечного сечения проектного русла, с последующей доработкой его до проектных размеров канала. Это позволяет одновременно с доработкой пионерной траншеи строить транспортирующую и регулирующую сети и сооружения на каналах, а также выполнять культуртехнические работы по освоению осушенных земель.

По классификации Института мелиорации каналы, выполняемые при осушении земель, разделены на три группы по площади поперечного сечения проектного русла: 1-я группа – до  $10 \text{ м}^2$ , 2-я группа –  $10...20 \text{ м}^2$ , 3-я группа – свыше  $20 \text{ м}^2$ .

Применительно к этим группам разработаны рекомендуемые технологические схемы организации работ при строительстве каналов в

зависимости от их размеров и категории сложности производства работ. Использование этих схем при строительстве позволяет уменьшить деформации поперечного сечения проектного русла, возникающие под гидродинамическим воздействием потока грунтовых вод в процессе его прокопки, выполнить поперечное сечение русла с минимальными отклонениями от проектных размеров, обеспечить высокую производительность землеройных машин, а в торфяных грунтах вследствие осадки их в строительный период – уменьшить проектный объем земляных работ.

Рассмотрим содержание технологических схем (ТС).

1. Каналы сечением до  $10 \text{ м}^2$ .

**Технологическая схема № 1 (ТС-1)** применима на объектах первой и второй категории сложности. Канал устраивается полным сечением за одну проходку экскаватора или каналокопателя. Схематично это показано на рис. 1.1.

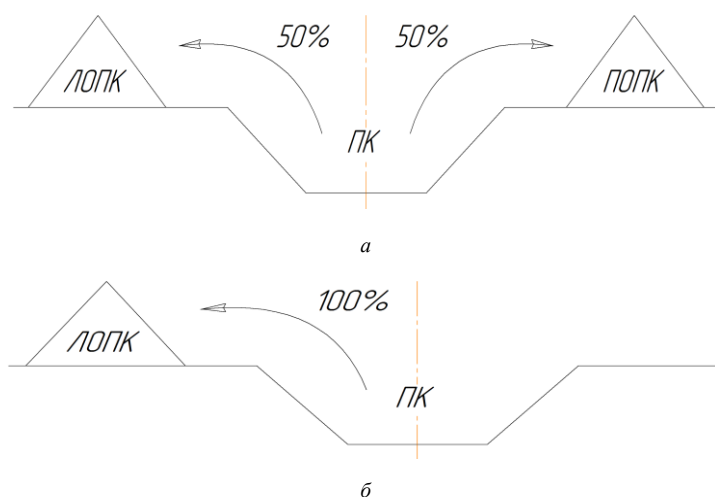


Рис. 1.1. Схемы планового расположения выемок и отвалов грунта:

*а* – для каналов 1 и 2; *б* – для канала 3;

ПК – поперечное сечение проектного канала;

ЛОПК – поперечное сечение левого отвала грунта из проектного канала;

ПОПК – поперечное сечение правого отвала грунта из проектного канала

**Технологическая схема № 2 (ТС-2)** применяется на объектах третьей категории сложности. С целью предварительного осушения

прокладывается временный канал (пионерная траншея) глубиной 1,2...1,5 м на расстоянии 8...10 м от оси канала с укладкой грунта на внешнюю сторону от нее. Через 30...40 дней устраивается канал с укладкой грунта в отвал между каналом и траншеей или на обе стороны, после чего пионерная траншея засыпается.

## 2. Каналы сечением до 10...20 м<sup>2</sup>.

Схемы планового расположения выемок и отвалов грунта будут выглядеть следующим образом (рис. 1.2).

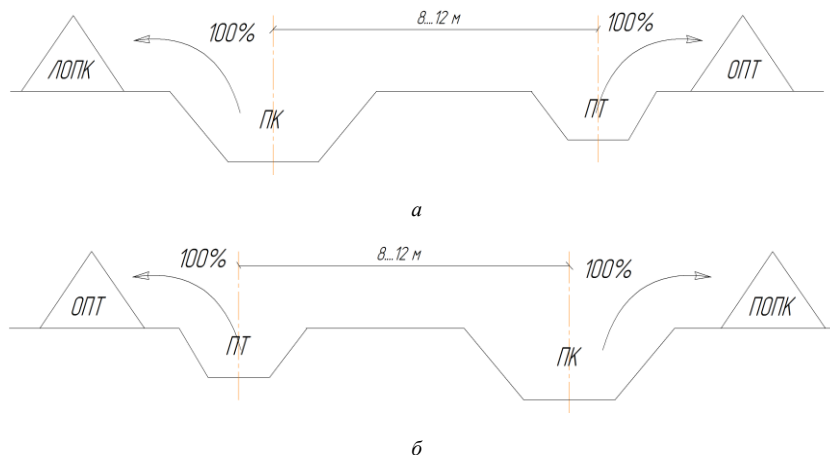


Рис. 1.2. Схемы планового расположения выемок и отвалов грунта:  
*a* – для канала с правым расположением ПТ; *б* – для канала с левым расположением ПТ;  
 ПТ – поперечное сечение пионерной траншеи; ОПТ – отвал пионерной траншеи

На трассах *первой категории сложности* работы ведут в соответствии с технологическими схемами **ТС-3**, **ТС-4** или **ТС-5**. В зависимости от наличия различных типоразмеров экскаваторов, сроков производства работ, других условий канал отрывается за одну проходку экскаватора (ТС-3), одновременным проходом двух экскаваторов, работающих на расстоянии 100...200 м (ТС-4), или за две проходки одного экскаватора – первый против течения воды, второй по течению (ТС-5).

На трассах *второй и третьей категории сложности* русло канала устраивается за две проходки экскаватора в две стадии. На первой стадии устраивается пионерная траншея, составляющая часть русла проектного канала и выполняющая функцию предварительного осушения. На второй стадии через 30...40 дней пионерная траншея уширяется и углубляется до размеров проектного канала.

### 3. Каналы сечением 20...35 м<sup>2</sup>.

На трассах *первой категории сложности* русло устраивается в порядке, предусмотренном **ТС-4**.

На трассах *второй и третьей категории сложности* русло устраивается в порядке, предусмотренном **ТС-6**.

Эта схема также предусматривает устройство проектных каналов в две стадии, но в отличие от ТС-2 пионерная траншея устраивается непосредственно в проектном сечении запроектированного канала, либо слева, либо справа от его проектной оси (рис. 1.3).

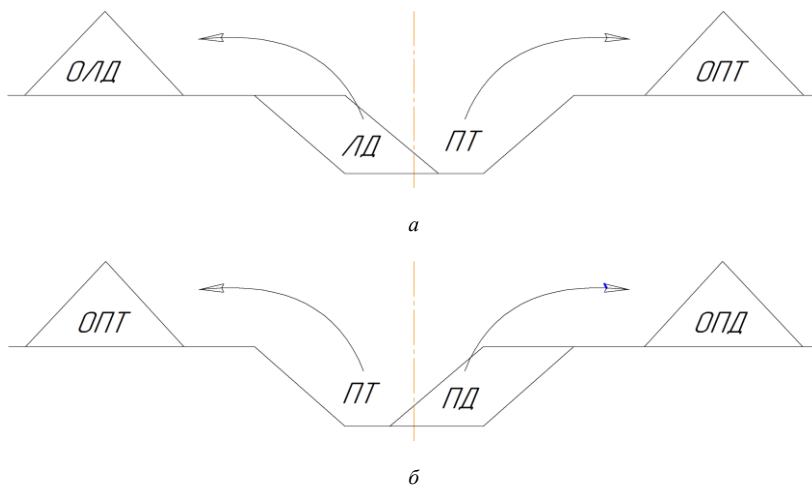


Рис. 1.3. Устройство канала по ТС-6:

*а* – ПТ слева; *б* – ПТ справа; ПД – поперечное сечение правой доработки русла ПТ до проектных параметров канала; ЛД – поперечное сечение левой доработки русла ПТ до проектных параметров канала; ОПД – поперечное сечение отвала грунта правой доработки; ОЛД – поперечное сечение отвала грунта левой доработки

На трассах *второй и третьей категории сложности* русло устраивается в две стадии (**ТС-8**). На первой стадии проходом экскаватора против течения воды устраивается пионерная траншея с заложением откосов 1:1. На второй стадии проходом двух экскаваторов, работающих с интервалом 100...200 м, по течению воды пионерная траншея расширяется и углубляется до размеров проектного русла. Вторая стадия выполняется через 30...40 дней после первой.

### **1.3. Технология и организация строительства пионерных траншей**

При многостадийном строительстве каналов на первой стадии строится временный водоприемник – пионерная траншея. Пионерные траншеи прокладывают в наиболее трудных условиях, поэтому необходимо стремиться выполнять их с минимальным объемом выемки.

Для строительства пионерных траншей можно использовать весь год, исключая время весеннего паводка. Особенно целесообразно эти работы выполнять зимой. На всех участках трассы канала, где была начата прокладка траншеи, эту работу надо завершить и соединить отдельные участки в сплошное русло до наступления весеннего паводка.

В зависимости от размеров поперечного сечения и категории сложности пионерную траншею прокладывают экскаватором, с помощью взрыва или специализированного каналокопателя последовательно снизу вверх против течения воды от пересечения проектной трассы с существующим руслом. Это позволяет самотеком отвести воду из пионерной траншеи при ее строительстве, в сжатые сроки создавать по всей трассе или по ее части временный водоприемник и создать необходимые условия для проведения других работ на объекте.

При пересечении со староречьем или существующим руслом экскаватором или бульдозером засыпают входные отверстия этого русла. Участки старого русла, вошедшие в проектную трассу, расширяют и углубляют поперечным способом. Если ширина русла не позволяет углубить его гусеничным экскаватором, русло углубляют экскаватором, поставленным на понтон и оборудованным грейфером.

В глине, тяжелом суглинке, цементированном мелкозернистом песке траншею следует устраивать на полную глубину канала. Оставлять недоборы нежелательно, так как в последующем дно приходится углублять продольно-поперечным способом из-под воды при более низкой производительности экскаватора.

На участках трассы с высоким уровнем воды траншею устраивают с оставлением перемычек для предупреждения затопления забоя во время работы и уменьшением объема выемки грунта из-под воды. Гребень перемычки должен быть выше на 10...15 см горизонта воды в нижнем бьефе. По окончании разработки забоя экскаватор удаляет перемычку и переходит на очередной забой.

При укладке грунта в кавальеры на пониженных местах в них оставляют разрывы для стока поверхностной воды в траншею. Кавальеры разравнивают или используют для засыпки староречий, устройства насыпей.

#### 1.4. Технология и организация доработки пионерных траншей

Доработку пионерных траншей до проектных размеров канала следует вести в соответствии с требованиями технологической схемы. При этом верхний более сухой грунт укладывается с внутренней стороны кавальера в виде валика высотой 0,6...0,8 м, а за ним – влажный.

Разработка мелкозернистых пылеватых песков экскаваторами из-под воды сопровождается снижением производительности из-за резкого ухудшения наполняемости ковша (коэффициент наполнения снижается до 0,2). Для улучшения эффективности работы машин в таких условиях рекомендуется вести доработку русла с понижением уровня воды в забое передвижной насосной станцией. Производительность экскаваторов при этом повышается в 1,4...2,0 раза, сокращаются технологические разрывы между доработкой и разравниванием кавальеров, улучшаются условия работ по расчистке трасс от кустарника, подготовке основания под ограждающие дамбы или дороги, создаются более благоприятные условия для обслуживания машин.

В местах строительства сооружений на канале одновременно с доработкой целесообразно выполнить водоотводные каналы для пропуска строительных расходов, отсыпать в русле верховые и низовые перемычки для ограждения котлованов, устроить котлованы под сооружения.

На торфяных участках, где вдоль канала устраивают дорожное полотно или ограждающую дамбу, при прокладке пионерной траншеи торф укладывают на одну сторону, а минеральный грунт, пригодный для использования, – на другую, на которой устраивается насыпь. После просыхания торф отодвигают за пределы рабочей полосы и разравнивают, минеральный грунт перемещают в насыпь. При доработках грунт разрабатывают отдельно только на той стороне, где будет дорога. Торф в этом случае отсыпают в отвал на полный вынос стрелы экскаватора, а минеральный грунт укладывают ближе к берме. Чтобы не допустить оплывания мокрого грунта в канал, устраивают валики. После просыхания отвала торф передвигают бульдозером за пределы дорожной трассы, а минеральный грунт перемещают в земляное полотно и уплотняют. Одновременно с устройством канала проводится нанесение на откосы гумусного слоя с трассы канала.

Во избежание разрушения канала и скопления воды за кавальером в пониженных местах предусматривают воронки, обеспечивающие поступление поверхностного стока в русло без разрушения канала, дно и откосы их крепят посевом трав или одерновкой.

## 1.5. Подготовительные работы

Назначение цикла подготовительных операций – создать условия для выполнения основных операций по устройству русла канала. Они включают выноску и закрепление на местности геодезическими знаками оси проектной трассы канала и сооружений на нем в соответствии с Инструкцией по выносу в натуру проектов строительства осушительных систем.

Вынос оси канала осуществляется путем линейных и угловых измерений от исходных пунктов планово-высотного обоснования, имеющих на местности и указанных на плане.

Ось закрепляется вехами через 50 м на прямых участках и через 5 м – на поворотах. Выносные столбы и временные реперы за пределами полосы производства работ (не менее 20 м от оси канала) устанавливаются в начале и конце трассы, на поворотах, в створах сооружений и через 500 м на прямых участках.

После расчистки трассы канала от препятствий осуществляется строительная разбивка, заключающаяся в закреплении кольешками бровок и подошвы откосов путем промеров от вынесенной оси в соответствии с величинами проектных параметров канала ( $B$ ,  $m$ ,  $H$ ,  $e$ ). Разбивка осуществляется через 50 м и в плюсовых точках на расстоянии, обеспечивающем работу экскаватора в течение 5...10 дней.

Составляется ведомость конструктивных элементов канала с указанием ширины по верху, по дну и глубины канала, заложения откосов, группы грунта и объема выемки грунта на пикете, которая предоставляется машинисту экскаватора.

В состав работ по подготовке трассы входит срезка, корчевка и удаление деревьев, кустарника и пней на ширину в соответствии с проектом, снятием растительного грунта с ширины выемки по верху (на минеральных грунтах). Для этих целей используются машины для подготовительных и культуртехнических работ.

Технология производства работ при этом принципиально не отличается от подготовки сельскохозяйственных площадей к освоению. Это же относится к подготовке берм и прилегающей территории каналов, подлежащих ремонту при реконструкции мелиоративных систем.

Древесно-кустарниковая растительность с откосов, подлежащих ремонту каналов, удаляется кустодером со сменным оборудованием к одноковшовому экскаватору вместо ковша обратной лопаты. Если несущая способность грунта не обеспечивает проходимость техники, как

исключение допускается подготовка трассы минимальной ширины вручную (по ширине выемки, бермы и места расположения кавальера).

Растительный грунт с трассы вновь устраиваемых каналов срезается бульдозером поперечно-челночными ходами с укладкой его во временный отвал с последующим использованием его в соответствии с проектом. На задернелых участках рекомендуется предварительная разделка дернины дисковой бороной.

Если проходимость бульдозеров не обеспечивается, снятие растительного грунта может осуществляться экскаватором одновременно с устройством русла канала. Это особенно целесообразно, если проектом предусмотрена подсыпка растительного грунта на откосы с целью последующего биологического крепления.

Использование экскаваторов на срезке растительного грунта с трассы при устройстве каналов в ряде случаев оправдывается отказом от применения других машин и в большей мере тем, что экскаватор одновременно может покрывать откосы растительным грунтом с целью последующего биологического крепления.

В практике производства работ применяются следующие способы срезки растительного грунта и распределения его на откосах при устройстве мелиоративных каналов экскаваторами:

- работа экскаватора с укладкой растительного грунта во временный отвал: передвинувшись на новую позицию, экскаватор снимает растительный грунт, укладывая его во временный отвал ближе к бровке канала, затем разрабатывает грунт в русле канала с укладкой в отвал за растительным грунтом. Перед сменой позиции экскаватор забирает растительный грунт из временного отвала и распределяет его по поверхности откосов;

- работа экскаватора с поворотом платформы на угол  $180^{\circ}$  при срезке растительного грунта и распределением его по откосам: перед сменой позиции экскаватор разрабатывает растительный грунт впереди по ходу своего передвижения и распределяет его по откосам, затем перемещается на новую позицию и разрабатывает грунт в русле канала с укладкой в отвал в обычном порядке;

- работа экскаватора с укороченным шагом передвижки при смене забоя: экскаватор разрабатывает грунт в русле канала с укладкой его в отвал, перед сменой позиции разрабатывает растительный грунт ближе к месту своей стоянки и распределяет его на откосах забоя данной позиции.

## 1.6. Использование одноковшовых экскаваторов

Экскаваторы – это землеройные машины, предназначенные для разработки грунтов в отвал или в транспортные средства.

Различают экскаваторы цикличного (одноковшовые) и непрерывного (роторные) действия.

Одноковшовые экскаваторы (ЭО) – универсальные машины для рытья котлованов, траншей, каналов, а также устройства насыпей и других земляных сооружений.

Цикл работы одноковшовых экскаваторов состоит из следующих операций: резание грунта и заполнение ковша; подъем ковша с грунтом; поворот экскаватора вокруг оси к месту выгрузки; выгрузка грунта из ковша; обратный поворот экскаватора; опускание ковша на грунт и подача его для резания грунта.

В зависимости от вида выполняемых работ экскаваторы могут иметь следующее рабочее оборудование: прямая лопата, обратная лопата, драглайн, грейфер.

Рабочие параметры экскаваторов (от них зависят предельные размеры выемок, которые могут быть разработаны одноковшовыми экскаваторами с одной стоянкой):

- максимально возможная высота копания  $H$  (для экскаваторов с рабочим оборудованием прямая лопата);

- максимально возможная глубина копания (резания)  $H$  (для экскаваторов с рабочим оборудованием драглайн, обратная лопата, грейфер);

- наибольший  $R_{\max}$  и наименьший  $R_{\min}$  радиусы копания на уровне стоянки экскаватора;

- радиус выгрузки  $R_{\text{в}}$ ;

- высота выгрузки  $H_{\text{в}}$ .

***Технология разработки грунтов экскаваторами с рабочим оборудованием драглайн.***

Драглайны используют для разработки грунтов, расположенных ниже уровня стояния экскаватора для устройства каналов, отрывки глубоких котлованов, широких траншей, возведения насыпей, разработки грунта из-под воды без предварительного их осушения, так как уровень грунтовых вод не оказывает влияния на работу экскаватора.

Драглайны предназначены в основном для разработки грунта с отсыпкой его непосредственно в отвал (этому способствует значительная длина стрелы). Использовать их для разработки грунта с погрузкой в

транспортные средства нежелательно, так как гибкая подвеска ковша к стреле усложняет точную установку ковша над кузовом, требует высокой квалификации машиниста и повышенной осторожности его, все это влияет на производительность драглайна.

Достоинства экскаваторов с оборудованием драглайн: радиус действия – до 10 м и глубина копания – до 12 м. Глубина копания у экскаватора практически неограниченна, конструкция машины позволяет располагать транспортные средства на дне котлована, т. е. уровень грунтовых вод (УГВ) не оказывает влияния на работу экскаватора. По сравнению с прямой и обратной лопатами драглайн имеет большие радиус действия и глубину копания, что позволяет разрабатывать большие по поперечному сечению выемки.

Характерные для драглайнов рабочие параметры (глубина резания  $H_{max}$ ; наибольший и наименьший радиусы резания на уровне стоянки экскаватора  $R_{max}$  и  $R_p$ ; радиус выгрузки  $R_b$ ; высота выгрузки  $H_b$ ; радиус выгрузки  $R_b$ ) показаны на рис. 1.4.

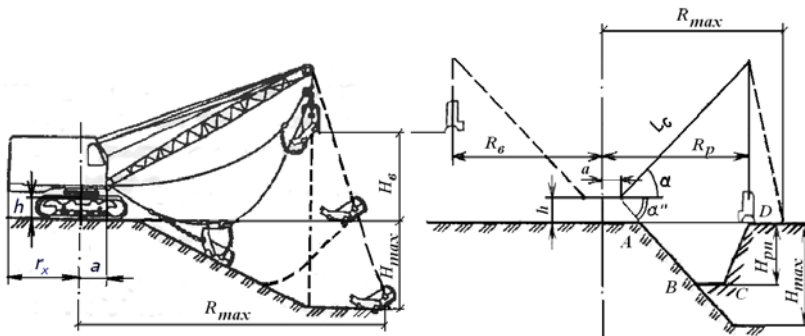


Рис. 1.4. Рабочие параметры драглайнов

Радиус резания драглайнов зависит от длины и угла наклона стрелы. Радиус резания можно несколько увеличить за счет заброса ковша путем подтягивания и отпускания тягового каната.

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

При выемке грунта сбоку по ходу экскаватора глубина резания  $H_{max}$  зависит от крутизны внутреннего и внешнего откосов забоя.

При передвижении экскаватора по оси выемки глубина резания  $H_{\max}$  зависит от крутизны внутреннего откоса забоя.

Высота выгрузки грунта  $H_B$  определяется расстоянием от уровня стояния экскаватора до самой нижней точки предельно поднятого вверх свободно висящего ковша.

Способы разработки грунта драглайнами изложены ниже.

1. Продольную (торцевую) разработку (рис. 1.5, а) применяют для нешироких выемок, когда радиусом выгрузки экскаватора может быть перекрыто расстояние от оси выемки до внешней дальней бровки кавальера грунта.

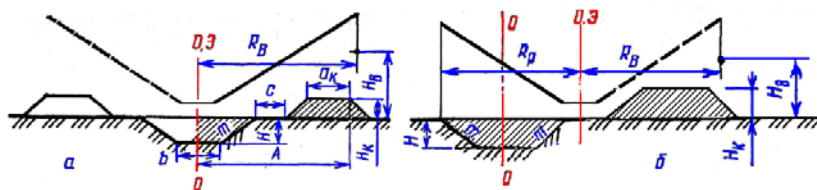


Рис. 1.5. Способы разработки грунта: а – продольный; б – поперечный

При данном способе экскаватор размещают на оси выемки и по мере разработки грунта перемещают вперед по ходу на следующую стоянку. После окончания разработки грунта с первой стоянки  $O_1$  экскаватор передвигают в новое положение  $O_2$ , из которого должен быть захвачен весь оставшийся неразработанный грунт со стороны внутреннего откоса забоя. Наибольший возможный шаг экскаватора можно рассчитать по формуле

$$\text{Ш} = R_p - a - (h + H) \cdot \text{ctg } \alpha^1,$$

где  $a$  и  $h$  – координаты пяты стрелы;

$H$  – глубина выемки, м;

$\alpha^1$  – угол внутреннего откоса забоя.

При продольной разработке шаг практически не может превышать половину длины стрелы экскаватора. Из условия наиболее быстрого и полного заполнения ковша грунтом рекомендуется шаг экскаватора принимать не более  $1/5$  длины стрелы.

Для ведения продольной разработки параметры экскаватора с рабочим оборудованием драглайн должны удовлетворять приведенным ниже условиям.

А. Радиус выгрузки драглайна  $R_b$  должен быть равен расстоянию от оси выемки до дальней бровки отвала  $A$ , м, или несколько больше него:

$$R_b \geq A;$$

$$A = b / 2 + m H + C + m_k H_k + a_k,$$

где  $b$  – ширина выемки, м;

$m$  – коэффициент заложения откоса выемки;

$H$  – глубина выемки, м;

$C$  – ширина бермы, м;

$m_k$  – коэффициент заложения откоса отвала;

$H_k$  – высота отвала, м;

$a_k$  – ширина отвала по верху, м.

Б. Глубина резания экскаватора  $H_p$  должна быть не меньше глубины выемки. Для разработки глубоких выемок глубина резания должна быть не меньше высоты одного яруса выемки:

$$H_p \geq H.$$

В. Высота выгрузки драглайна  $H_b$  должна быть равна высоте отвала или больше нее:

$$H_b \geq H_k.$$

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

Г. Необходимо, чтобы ширина ковша  $b_k$  экскаватора была не больше ширины выемки по низу; желательно, чтобы соблюдалось условие

$$b \geq 1,5 b_k.$$

2. Поперечную (боковую) разработку применяют при условии, что вся ширина полосы выемки и кавальера грунта может быть перекрыта радиусом резания в сумме с радиусом выгрузки (рис. 1.5, б). Драглайн размещают обычно на берме между выемкой и отвалом. Ось экскаватора может проходить как в полосе выемки, так и в полосе отвала.

Размер полосы, в которой может быть размещен экскаватор, определяется его радиусом резания и радиусом выгрузки. Экскаватор необходимо так размещать в этой полосе, чтобы по откосу получилось как можно меньше недоборов и угол поворота был бы наименьшим.

Следующую стоянку экскаватора выбирают так, чтобы с нее был разработан весь грунт, оставшийся недобранным на предыдущей стоянке. Шаг экскаватора при поперечной разработке принимают не более  $\frac{1}{3}$  длины стрелы драглайна, иначе появляются значительные недоборы вдоль откоса выемки.

Среднее значение угла поворота экскаватора определяют между направлением на центр тяжести выемки и направлением на центр тяжести отсыпки грунта с одной стороны (угол  $\beta$ ).

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

Для ведения поперечной разработки параметры экскаватора должны удовлетворять следующим условиям:

$$H_p \geq H,$$

$$H_b \geq H_k.$$

Радиус резания  $R_p$  в сумме с радиусом выгрузки  $R_b$  должен быть равен расстоянию от оси выемки до дальней бровки кавальера в сумме с произведением глубины выемки  $H$  на заложение внешнего откоса забоя  $m_0$  или больше него:

$$R_p + R_b \geq A_1.$$

$$A_1 = b / 2 + m H + c + m_k H_k + a_k + m_0 H.$$

В величину  $A_1$  включено расстояние  $m_0 H$  для того, чтобы по оси выемки не оставались недоборы.

При строительстве не крупных каналов поперечной разработкой необходимо, чтобы длина ковша  $l_k$  была не больше ширины канала по дну:

$$b \geq 1,5 l_k.$$

При этом сечение канала разрабатывают за один проход с одной стороны. Иногда применяют уширенную продольную и уширенную поперечную разработки грунта со смещением экскаватора вправо, влево и одновременно вперед (по зигзагу).

При большой ширине выемок целесообразна поперечная разработка грунта на две стороны. Предельно большую ширину выемки можно получить при условии, что радиусом резания в сумме с радиусом выгрузки будет перекрыто расстояние от оси выемки до внешней бровки кавальера в сумме с горизонтальной проекцией внешнего откоса забоя.

3. Комбинированные способы разработки применяют при больших размерах выемок. Выполняют за несколько проходов экскаватора.

С погрузкой в транспортные средства грунт можно разрабатывать в выемках любой ширины. При малой ширине выемок и мокрых грунтах в забое транспортные средства размещают на одном уровне с экскаватором. В крупных выемках с сухими грунтами транспортные средства выгоднее размещать на дне забоя. При этом уменьшается высота подъема ковша с грунтом  $h$ , дальность перемещения грунта по горизонтали  $l$  и увеличивается производительность экскаваторов.

Наибольшая ширина выемки драглайном может быть получена при разгрузке в транспортные средства.

***Технология разработки грунтов экскаваторами с рабочим оборудованием прямая лопата.***

Экскаваторы с прямой лопатой используются для разработки грунтов, расположенных выше уровня своей стоянки, преимущественно с погрузкой на транспорт.

Прямая лопата представляет собой открытый сверху ковш с режущим передним краем. Ковш шарнирно соединен с рукоятью, при этом рукоять, шарнирно соединенная со стрелой машины, выдвигается вперед при помощи напорного механизма. В основном применяют ковши вместимостью 0,15...2,5 м<sup>3</sup>. Конструкция экскаватора позволяет ему копать ниже уровня своей стоянки не более чем на 10...20 см.

Ковш прямой лопаты заполняется грунтом при движении вверх вдоль откоса забоя.

Наиболее характерные радиусы резания (рис. 1.6) – наибольший и на уровне стояния. Радиус резания прямой лопаты – расстояние от зубьев ковша до оси поворота экскаватора – величина, переменная по высоте. Каждый из радиусов имеет два значения: минимальное  $R_{p \min}$  и  $R_{o \min}$  при втянутом положении рукояти до отказа назад и максимальное  $R_{p \max}$  и  $R_{o \max}$  при выдвигении рукоятки вперед напорным механизмом. Значение их зависит также от угла наклона стрелы. Наибольший радиус резания прямой лопаты измеряют на уровне расположения напорного вала.

Минимальный радиус резания  $R_{p \min}$  на уровне стояния прямой лопаты определяется расстоянием от оси экскаватора до точки касания земли зубьями ковша, которая находится примерно на вертикали, проходящей через ось напорного вала.

Высота забоя прямой лопаты имеет три значения: минимальное, нормальное, максимальное.

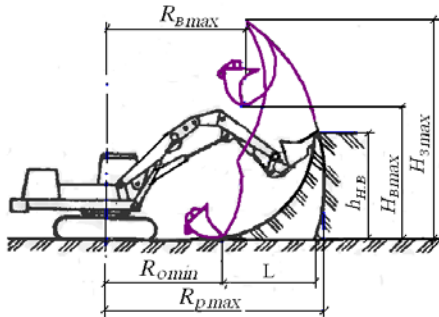


Рис. 1.6. Рабочие параметры прямых лопат

Минимальная высота забоя соответствует глубине выемки, при которой достигается заполнение ковша за одно черпание. На легких грунтах с малым сопротивлением резанию толщина стружки может быть большая, что позволяет сократить длину набора. В тяжелых грунтах из-за малой толщины стружки минимальная высота забоя будет больше.

В среднем нормальная высота забоя прямой лопаты равна высоте напорного вала  $h_{нв}$  над уровнем стояния экскаватора.

Максимальная высота забоя соответствует наибольшей возможной высоте подъема ковша над уровнем стояния экскаватора. При высоте забоя, превышающей наибольшую высоту резания грунта экскаватором, сверху образуется так называемый козырек, особенно в связных и влажных грунтах. При обрушении козырька могут быть нанесены повреждения механизмам и обслуживающему персоналу.

Наибольший радиус выгрузки  $R_{в \max}$  так же, как и радиус резания, измеряют при положении зубьев ковша на уровне оси напорного вала (см. рис. 1.6). Этому же положению соответствует нормальная высота выгрузки  $H_{в}$ , измеряемая от уровня стояния экскаватора до нижней кромки открытого, свободно висящего днища ковша. При максимально поднятом вверх ковше будет наибольшая высота выгрузки  $R_{в \max}$  и соответствующий ей радиус выгрузки  $R_{в}$ .

Разработку грунта одноковшовыми экскаваторами с оборудованием прямая лопата производят лобовым и боковым забоем.

При лобовом забое экскаватор разрабатывает за один проход грунт впереди и сбоку от оси хода, которую совмещают с осью выемки. Разрабатываемый грунт грузят в транспортные средства, располагаемые

на уровне подошвы забоя сзади экскаватора. При данном способе разработки угол поворота ЭО к транспортному средству достигает  $140\text{--}180^\circ$ , что значительно снижает производительность экскаватора. Поэтому лобовой забой принимают крайне редко, в основном при устройстве въездного пандуса в котлован или при разработке первой (пионерной) проходки.

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

Разработка боковым забоем предпочтительна, так как обеспечиваются лучшие условия для подъезда и погрузки транспортных средств, уменьшается угол поворота экскаватора, что способствует более производительной работе машин.

Ширина выемки по верху при лобовом забое может колебаться в значительных пределах:

$$B_{\text{д}} = (0,8 \dots 1,9) R_{\text{р}}$$

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

При ширине выемки, превышающей  $2R_{\text{р}}$ , разработку грунта осуществляют при боковом забое прямых лопат, когда экскаватор черпает грунт преимущественно с одной стороны от оси перемещения и частично впереди себя.

С одной стоянки экскаватор может выбрать грунт впереди себя на длину не более чем длина напорного хода рукоятки  $l_{\text{н}}$ .

Шаг экскаватора

$$\text{Ш} = (0,75 \dots 0,08) l_{\text{н}}$$

Чтобы уменьшить недоборы 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

$$B_1 = \sqrt{R_p^2 - \Pi^2}.$$

Вести разработку грунта в сторону транспортных средств нецелесообразно с поворотом в плане на угол более  $45^\circ$ , так как при большем угле затрудняется набор грунта, который отодвигается в выработанное пространство, за пределы радиуса резания экскаватора.

Наибольшая ширина ленты при боковой разработке

$$B_{\text{л}} = B_1 + B_2 - (R_p - R_{\text{о max}}).$$

При боковом забое транспортные средства могут размещаться не только на уровне стояния экскаватора, но и на уступе со стороны выработанного пространства, на поверхности земли (при небольшой глубине выемки).

Транспортные средства следует размещать на некотором расстоянии от подошвы откоса (0,5...1,0 м), а также вне зоны обрушения грунта, если они стоят на уступе выше экскаватора.

Среднее значение угла поворота в плане определяется между направлениями на центр тяжести разрабатываемой части грунта в центр тяжести места выгрузки.

Возможность опускания рукояти ниже уровня стояния экскаватора позволяет ему самостоятельно войти в забой без помощи других механизмов. Заглубление происходит с постепенным продвижением вперед при уклоне пути не более 1:8–1:10. Образовавшаяся траншея дает возможность пройти следующую ленту с большей глубиной, так как транспортные средства уже могут перемещаться по дну первой (пионерной) траншеи.

Если проектная глубина выемки значительно превышает максимальную глубину резания экскаватора, то разработку ведут в несколько ярусов, число которых определяется следующим образом:

$$n_{\text{я}} = \frac{H}{H_{\text{р max}}},$$

где  $n_{\text{я}}$  – число ярусов разработки;

$H$  – глубина выемки, м;

$H_{\text{р max}}$  – максимальная глубина резания экскаватором, м.

Вход экскаватора в каждый ярус осуществляется прокладкой пионерных траншей, глубина которых определяется условиями погрузки грунта.

В процессе разработки грунта прямой лопатой откосы выемки получают криволинейную форму, что обычно не соответствует заданной форме откоса. Это требует последующих доработок другими механизмами (драглайнами, бульдозерами, экскаваторами).

**Технология разработки грунтов экскаваторами с рабочим оборудованием обратная лопата.**

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

Разрабатываемый обратной лопатой грунт отсыпают чаще всего в отвал. При необходимости грунт может быть погружен в транспортные средства.

Основные рабочие параметры обратной лопаты показаны на рис. 1.7.

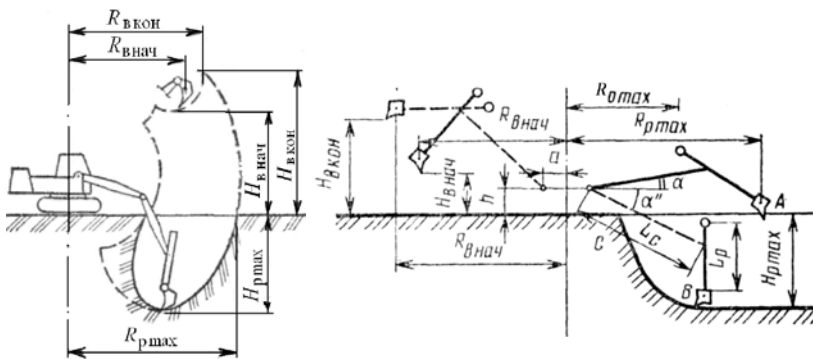


Рис. 1.7. Схема забоя и основные рабочие параметры обратных лопат: радиус резания  $R_p$ ; радиус резания  $R_{p\max}$  при наибольшей глубине резания; наибольшая глубина резания  $H_{p\max}$  от поверхности земли до дна забоя

Выгрузка грунта из ковша обратной лопаты с канатной подвеской происходит при поднятии вверх стрелы и одновременном повороте

рукояти вперед. Так как крутизна наклона днища ковша увеличивается постепенно, то выгрузка грунта происходит не в одной точке, а на некотором отрезке прямой, лежащей в плоскости подъема рабочего органа.

В связи с этим в характеристиках обратных лопат даются два радиуса выгрузки: начальный и конечный. Так как одновременно происходит изменение и высоты подъема ковша, то высота выгрузки характеризуется также двумя значениями: начальным и конечным.

Существуют два способа разработки грунта: продольный и поперечный.

При продольной разработке экскаватор перемещается по оси выемки и отсыпает грунт на две или одну сторону. Такой способ применяют для разработки траншей нешироких каналов и котлованов.

При разработке связных грунтов откосы временных траншей могут быть получены вплоть до вертикальных. Наименьшая возможная ширина выемки равна ширине ковша обратной лопаты. При продольной разработке сечений в связных грунтах откосы выемок приобретают ступенчатую форму. Наибольшая возможная ширина выемки при продольной разработке зависит от размещения отвалов грунта.

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

Поперечным способом разрабатываются выемки большой ширины, при этом обратная лопата размещается и передвигается сбоку от выемки, отсыпая грунт в односторонний отвал или в транспортные средства.

Грунт в котлованах большой ширины разрабатывают только с погрузкой в транспортные средства за несколько проходов.

## **1.7. Выбор способа устройства каналов экскаваторами**

При выборе типов и марок машин руководствуются принципами:

- для выполнения рабочих операций можно использовать лишь те типы и марки машин, которые имеются в парке подрядной строительной организации;
- условия применения типов машин должны соответствовать условиям выполнения рабочих операций;
- рабочие параметры принятых типов машин должны соответствовать проектным параметрам возводимого сооружения;
- если для выполнения рассматриваемой рабочей операции воз-

можно несколько вариантов типов и марок машин, то окончательно принимаем вариант, имеющий лучший технико-экономический показатель.

Анализируя исходные данные, условия производства работ на конкретном объекте, нетрудно определить, что в соответствии с первыми двумя принципами выбора единственно возможным типом машин для первой проходки (и всех последующих) является одноковшовый экскаватор с рабочим оборудованием драглайн либо обратная лопата. На основании третьего принципа выбора необходимо определить, какие именно марки экскаваторов, из имеющихся в парке организации, могут быть использованы для устройства первой проходки. При этом следует иметь в виду, что осуществить первую (как и все последующие) проходку можно тремя способами. Следует определить, каким именно.

*Продольный способ* – ось движения экскаватора совпадает с осью проходки, грунт выгружается на одну или на обе стороны проходки.

*Продольно-поперечный способ* – ось движения экскаватора не совпадает с осью проходки, но лежит в полосе выемки грунта этой проходки. Грунт выгружается только на одну из берм (в сторону смещения оси хода экскаватора относительно оси проходки).

*Поперечный способ* – ось движения экскаватора не совпадает с осью проходки и лежит вне полосы выемки грунта этой проходки, т. е. находится на берме. Грунт выгружается только на ту сторону, по которой движется экскаватор.

Самым производительным из трех вышеназванных способов является продольный, поэтому выбор марок экскаваторов для устройства первой проходки следует начинать, предполагая именно этот способ проходки.

*Для решения задач необходимо:*

– составить расчетную схему к определению расчетных параметров забоя экскаватора;

– определить минимальный радиус резания на уровне стоянки по формуле

$$R_{p \min} = a + (h \cdot \operatorname{ctg} \alpha),$$

где  $a$ ,  $h$  – координаты точки крепления стрелы экскаватора (по заданию);

$\alpha$  – угол внутреннего откоса забоя (по заданию);

– определить максимальный радиус резания на уровне забоя по формуле

$$R_{0 \max} = R_{p \max} - m_3 H,$$

где  $m_3$  – коэффициент заложения внешнего откоса забоя (по заданию);

$H$  – глубина выемки (по заданию);

– определить минимальный радиус резания на уровне забоя по формуле

$$R_{0 \min} = R_{p \min} + H \operatorname{ctg} \alpha,$$

где  $H$  – глубина выемки (по заданию);

$\alpha$  – угол внутреннего откоса забоя (по заданию).

Выбрать возможный способ устройства русла канала.

**Устройство канала продольным способом.**

*Продольный способ* – ось движения экскаватора совпадает с осью проходки, грунт выгружается на одну или на обе стороны проходки. На рис. 1.8 представлена схема продольного способа устройства выемки грунта.

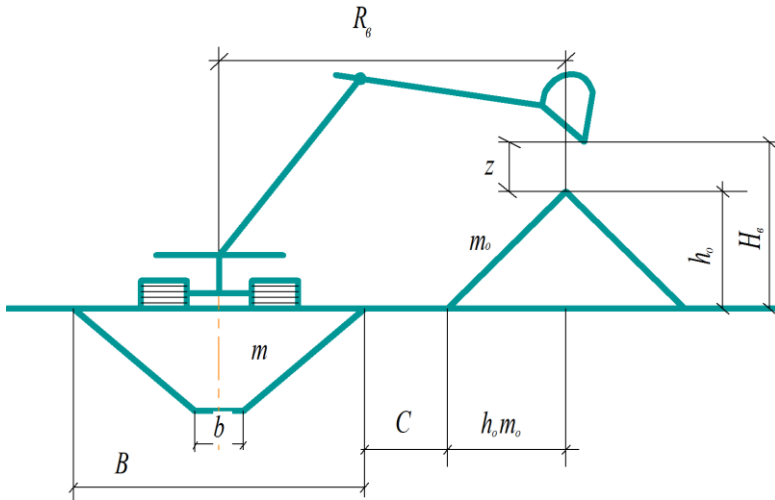


Рис. 1.8. Схема продольного способа разработки грунта

Данный способ для разработки грунта в выемке принимаем в случае выполнения следующих условий:

**1-е условие:**

$$H \leq H_p,$$

где  $H$  – глубина канала, м;

$H_p$  – глубина резания экскаватора, м;

**2-е условие:**

$$h_{от} \leq H_B - z,$$

где  $h_{от}$  – высота отвала, м;

$H_B$  – высота выгрузки экскаватора, м;

$z$  – запас от нижней кромки ковша до высшей точки отвала  
(0,5...1,0);

**3-е условие:**

$$B \leq B_{max},$$

где  $B$  – ширина канала по верху, м;

$B_{max}$  – максимально возможная ширина выемки по верху, которая может быть разработана рассматриваемым экскаватором данным способом, м.

Если устройство канала выполняется в два равных по объему отвала,  $B_{max}$ , м, определяется по формуле

$$B_{max} = 2(R_B - C - m_o h_o),$$

где  $R_B$  – радиус выгрузки экскаватора, м;

$C$  – ширина бермы, м;

$m_o$  – коэффициент заложения откоса отвала грунта;

$h_o$  – высота образующего отвала, м.

Если устройство канала выполняется в два не равных по объему отвала,  $B_{max}$ , м, определяется по формуле

$$B_{max} = 2R_B - 2C - m_{o1}h_{o1} - m_{o2}h_{o2},$$

где  $R_B$  – радиус выгрузки экскаватора, м;

$C$  – ширина бермы, м;

$m_{o1}$  – коэффициент заложения откоса отвала грунта № 1;

$h_{o1}$  – высота образующего отвала № 1, м;

$m_{o2}$  – коэффициент заложения откоса отвала грунта № 2;

$h_{o2}$  – высота образующего отвала № 2, м.

Если устройство канала выполняется в один отвал,  $B_{max}$ , м, определяется по формуле

$$B_{max} = R_p + R_B - C - m_o h_o,$$

где  $R_p$  – радиус резания экскаватора, м;

$R_B$  – радиус выгрузки экскаватора, м;  
 $C$  – ширина бермы, м;  
 $m_o$  – коэффициент заложения откоса отвала грунта;  
 $h_o$  – высота образующего отвала, м;

**4-е условие:**

$$R_B^{TP} \leq R_B,$$

где  $R_B^{TP}$  – требуемый радиус выгрузки, обеспечивающий выгрузку грунта в месте, предусмотренном проектом, м;

$R_B$  – радиус выгрузки экскаватора, м.

$$R_B^{TP} = 0,5B + C + m_o h_o,$$

где  $B$  – ширина канала по верху, м;

$C$  – ширина бермы, м;

$m_o$  – коэффициент заложения откоса отвала грунта;

$h_o$  – высота образующего отвала, м;

**5-е условие:**

$$\beta \leq 90^\circ,$$

где  $\beta$  – фактический угол поворота платформы экскаватора.

$$\beta = \arcsin \frac{R_B^{TP}}{R_B},$$

где  $R_B^{TP}$  – требуемый радиус выгрузки, обеспечивающий выгрузку грунта в месте, предусмотренном проектом, м;

$R_B$  – радиус выгрузки экскаватора, м.

Все расчеты сводятся в табл. 1.1, и делается вывод о том, что если одно из условий не выполняется, то данный экскаватор не сможет выполнить заданную выемку продольным способом.

Таблица 1.1. Проверка условий для устройства выемки продольным способом

№ п. п.	Условия применимости способа	Проверка условий для экскаватора
1	$H \leq H_{пр}$	
2	$h_{от} \leq H_B - z$	
3	$B \leq B_{max}$	
4	$R_B^{TP} \leq R_B$	
5	$\beta \leq 90^\circ$	

Если в результате проверки оказалось, что выемку грунта продольным способом устроить невозможно, то необходимо предусмотреть возможность устройства продольно-поперечным способом.

**Устройство канала продольно-поперечным способом.**

*Продольно-поперечный способ* – это способ разработки, при котором ось вращения экскаватора находится в полосе выемки, но не совпадает с осью самой выемки. На рис. 1.9 представлена схема продольно-поперечного способа устройства выемки грунта.

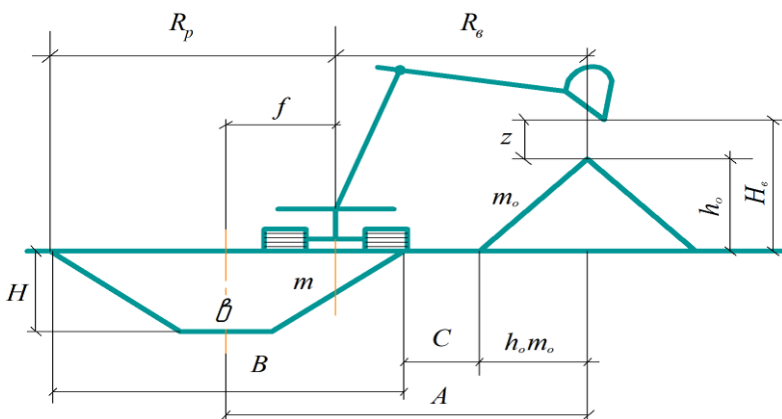


Рис. 1.9. Схема продольно-поперечного способа разработки грунта

Данный способ для разработки грунта в выемке принимаем в случае выполнения следующих условий:

**1-е условие:**

$$H \leq H_p,$$

где  $H$  – глубина канала, м;

$H_p$  – глубина резания экскаватора, м;

**2-е условие:**

$$h_{от} \leq H_b - z,$$

где  $h_{от}$  – высота отвала, м;

$H_b$  – высота выгрузки экскаватора, м;

$z$  – запас от нижней кромки ковша до высшей точки отвала (0,5...1,0 м);

**3-е условие:**

$$B \leq B_{\max},$$

где  $B$  – ширина канала по верху, м;

$B_{\max}$  – максимально возможная ширина выемки по верху, которая может быть разработана рассматриваемым экскаватором данным способом, м.

$$B_{\max} = R_{\text{в}} + R_{\text{р}} - C - m_0 h_0,$$

где  $R_{\text{в}}$  – радиус выгрузки экскаватора, м;

$R_{\text{р}}$  – радиус резания грунта, м;

$C$  – ширина бермы, м;

$m_0$  – коэффициент заложения откоса;

$h_0$  – высота образующего отвала, м;

**4-е условие:**

$$R_{\text{р}}^{\max} \geq R_{\text{р}}^{\text{тп}},$$

где  $R_{\text{р}}^{\max}$  – максимальный радиус резания грунта экскаватором, м;

$R_{\text{р}}^{\text{тп}}$  – требуемый радиус резания, м.

$$R_{\text{р}}^{\text{тп}} = 0,5B + f,$$

где  $B$  – ширина канала по верху, м;

$f$  – величина смещения оси хода экскаватора относительно оси выемки.

Величину смещения следует принять такой, чтобы угол поворота на разгрузку был минимальным. Ее можно определить по формуле

$$f = \frac{2A - B}{4},$$

где  $A$  – расстояние от оси выемки до оси отвала грунта, м;

$B$  – ширина канала по верху, м.

$$A = 0,5B + C + m_0 h_0.$$

Необходимо проверить условие смещения оси вращения экскаватора

$$0 < f < 0,5B;$$

**5-е условие:**

$$R_B^{\text{TP}} \leq R_B,$$

где  $R_B^{\text{TP}}$  – требуемый радиус выгрузки, обеспечивающий выгрузку грунта в месте, предусмотренном проектом, м;  
 $R_B$  – радиус выгрузки экскаватора, м.

$$R_B^{\text{TP}} = 0,5B - f + C + m_o h_o,$$

где  $B$  – ширина канала по верху, м;  
 $f$  – величина смещения оси хода экскаватора относительно оси выемки;  
 $C$  – ширина бермы, м;  
 $m_o$  – коэффициент заложения откоса;  
 $h_o$  – высота образующего отвала, м;

**6-е условие:**

$$\beta \leq 120^\circ,$$

где  $\beta$  – фактический угол поворота платформы экскаватора.

$$\beta = \beta_1 + \beta_2;$$

$$\beta_1 = \arcsin \frac{f}{R_p^{\text{max}}};$$

$$\beta_2 = \arcsin \frac{A - f}{R_B},$$

где  $R_p^{\text{max}}$  – максимальный радиус резания грунта экскаватором, м;

$R_B$  – радиус выгрузки экскаватора, м;

$f$  – величина смещения оси хода экскаватора относительно оси выемки;

$A$  – расстояние от оси выемки до оси отвала грунта.

Все расчеты сводятся в табл. 1.2, и делается вывод о том, что если одно из условий не выполняется, то данный экскаватор не сможет выполнить заданную выемку продольно-поперечным способом.

**Устройство канала поперечным способом.**

*Поперечный способ* – это способ разработки, при котором ось движения экскаватора не совпадает с осью проходки и лежит вне полосы

выемки грунта этой проходки, т. е. находится на берме. На рис. 1.10 представлена схема поперечного способа устройства выемки грунта.

Таблица 1.2. Проверка условий для устройства выемки продольно-поперечным способом

№ п. п.	Условия применимости способа	Проверка условий для экскаватора
1	$H \leq H_p$	
2	$h_{от} \leq H_b - z$	
3	$B \leq B_{max}$	
4	$R_p^{max} \geq R_p^{тп}$	
5	$R_b^{тп} \leq R_b$	
6	$\beta \leq 120^\circ$	

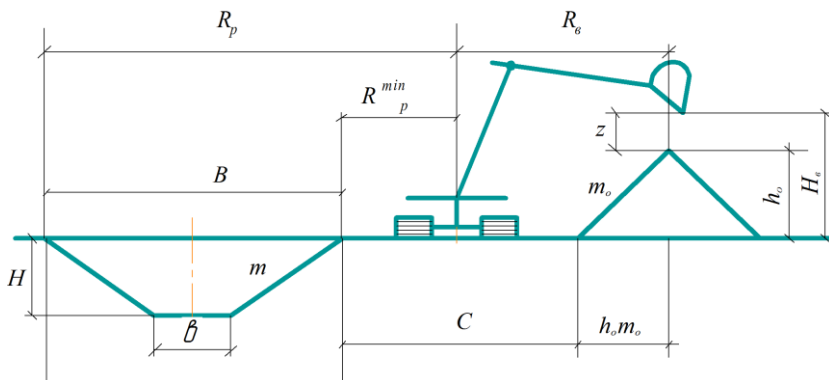


Рис. 1.10. Схема поперечного способа разработки грунта

Данный способ для разработки грунта в выемке принимаем в случае выполнения следующих условий:

**1-е условие:**

$$H \leq H_p,$$

где  $H$  – глубина канала, м;

$H_p$  – глубина резания экскаватора, м;

**2-е условие:**

$$h_{от} \leq H_b - z,$$

где  $h_{от}$  – высота отвала, м;

$H_b$  – высота выгрузки экскаватора, м;

$z$  – запас от нижней кромки ковша до высшей точки отвала (0,5...1,0);

**3-е условие:**

$$B \leq B_{\max},$$

где  $B$  – ширина канала по верху, м;

$B_{\max}$  – максимально возможная ширина выемки по верху, которая может быть разработана рассматриваемым экскаватором данным способом, м.

$$B_{\max} = R_p^{\max} - R_p^{\min},$$

где  $R_p^{\max}$  – максимальный радиус резания на уровне стояния ЭО, м;

$R_p^{\min}$  – минимальный радиус резания на уровне стояния ЭО, м;

**4-е условие:**

$$R_B^{\text{TP}} \leq R_B,$$

где  $R_B^{\text{TP}}$  – требуемый радиус выгрузки, обеспечивающий выгрузку грунта в месте, предусмотренном проектом;

$R_B$  – радиус выгрузки экскаватора.

$$R_B^{\text{TP}} = C + m_o h_o - R_p^{\min},$$

где  $C$  – ширина бермы;

$m_o$  – коэффициент заложения откоса;

$h_o$  – высота образующего отвала, м;

**5-е условие:**

$$R_p^{\max} \geq R_p^{\text{TP}},$$

где  $R_p^{\max}$  – максимальный радиус резания грунта экскаватором, м;

$R_p^{\text{TP}}$  – требуемый радиус резания, м.

$$R_p^{\text{TP}} = B + R_p^{\min},$$

где  $B$  – ширина канала по верху, м;

$R_p^{\min}$  – минимальный радиус резания на уровне стояния экскаватора;

**6-е условие:**

$$\beta \leq 180^\circ,$$

где  $\beta$  – фактический угол поворота платформы экскаватора.

$$\beta = \beta_1 + \beta_2;$$

$$\beta_1 = \arcsin \frac{R_p^{\text{TP}}}{R_p^{\text{max}}};$$

$$\beta_2 = \arccos \frac{R_B^{\text{TP}}}{R_B},$$

где  $R_p^{\text{TP}}$  – требуемый радиус резания, м;

$R_p^{\text{max}}$  – максимальный радиус резания на уровне стояния экскаватора, м;

$R_B^{\text{TP}}$  – требуемый радиус выгрузки, обеспечивающий выгрузку грунта в месте, предусмотренном проектом, м;

$R_B$  – радиус выгрузки экскаватора, м.

Все расчеты сводятся в табл. 1.3, и делается вывод о том, что если одно из условий не выполняется, то данный экскаватор не сможет выполнить заданную выемку поперечным способом.

Таблица 1.3. Проверка условий для устройства выемки поперечным способом

№ п. п.	Условия применимости способа	Проверка условий для экскаватора
1	$H \leq H_p$	
2	$h_{\text{от}} \leq H_a - z$	
3	$B \leq B_{\text{max}}$	
4	$R_p^{\text{max}} \geq R_p^{\text{TP}}$	
5	$R_B^{\text{TP}} \leq R_B$	
6	$\beta \leq 180^\circ$	

Если в результате проверки оказалось, что выемку грунта поперечным способом устроить невозможно, то необходимо предусмотреть возможность устройства данной выемки другим экскаватором.

## 1.8. Землеройно-транспортные машины

В переводе с английского *bulldozer* – выравнивать грунт, *screper* – скрести. Бульдозеры и скреперы – землеройно-транспортные машины циклического действия.

Бульдозеры применяют для обратной засыпки, сооружения насыпей из грунтов боковых резервов, грубого планирования земляных поверхностей и подготовительных работ, зачистки дна котлованов по-

сле их разработки другими механизмами, рытья небольших и неглубоких котлованов и других работ. На их долю в строительстве приходятся весьма значительные объемы работ. Это объясняется простотой их устройства, надежностью в работе, низкой стоимостью эксплуатации, возможностью применять в различных грунтовых условиях, хорошей маневренностью и проходимостью при гусеничном ходовом оборудовании базовых тягачей, высокой производительностью.

Бульдозеры используют для перемещения грунта из выемок в насыпь на расстояние до 100 м, при благоприятных условиях (попутных уклонах путей перемещения, легких грунтах) – до 200...300 м. Для уменьшения потерь отвалы могут оборудоваться открылками и козырьками.

Основные технические параметры – мощность базовой машины и масса. Технологический параметр – длина отвала бульдозера.

По трудности разработки грунтов для бульдозера их подразделяют на три группы. Грунты третьей группы предварительно рыхлятся рыхлителями.

Скреперы используют для перемещения грунта на расстояние от 100 до 5000 м; для разработки и укладки грунта в земляные сооружения различных типов; для снятия и перемещения растительного слоя; для послойного разравнивания грунта; для вскрышных работ и работ, связанных с подготовкой оснований сооружений; для планировочных работ на строительных площадках. Их применяют для разработки талых грунтов I и II групп, грунтов с каменистыми включениями.

Наиболее часто используют скреперы с вместимостью ковша 3...15 м<sup>3</sup>. В мировой практике производства земляных работ используют скреперы вместимостью ковша до 60 м<sup>3</sup>.

В мелиоративном строительстве наибольшее применение скреперы находят на строительстве широких каналов при глубине выемки до 4...5 м, а также на строительстве земляных плотин и других сооружений из насыпного грунта (участки каналов в насыпи, защитные дамбы и т. д.).

Грунты при разработке их скреперами подразделяют на четыре группы. Грунты IV группы предварительно необходимо рыхлить, также следует рыхлить высохшие и отвердевшие суглинистые грунты, глины.

При разработке супесей и суглинков ковши скреперов загружаются с «шапкой» и разгружаются полностью. Легкие песчаные грунты без валунов в скреперный ковш загружаются не полностью, а лишь на 60...70 %.

На липких и переувлажненных грунтах работа скреперов малопродуктивна вследствие прилипания грунта к днищу и стенкам ковшей. Не разрабатывают скреперами грунт ниже уровня грунтовых вод, влажные, связные грунты, грунты с содержанием крупных каменных включений, при наличии пней, крупных камней.

Скреперы подразделяются на прицепные (с объемом ковша  $3...10 \text{ м}^3$ ), полуприцепные ( $4,5...5 \text{ м}^3$ ) и самоходные ( $8...25 \text{ м}^3$ ).

Прицепные и полуприцепные скреперы наиболее эффективны при транспортировке грунта на расстояние до 1000 м, а самоходные – на расстояние до 5000 м.

Рабочий орган скрепера – ковш с ножевым устройством, который осуществляет послойное резание грунта с одновременным набором его в ковш.

Главным параметром скрепера является вместимость ковша, а основными технологическими параметрами – грузоподъемность, ширина и глубина резания, толщина отсыпаемого слоя.

***Технология разработки грунтов бульдозерами. Способы разработки, схемы рабочих перемещений и их характеристика.***

Цикл работы бульдозера состоит из следующих операций: резание и набор грунта; перемещение грунта; разгрузка одновременно с возвратом бульдозера к месту набора грунта (обычно задним ходом).

Резание грунта следует осуществлять на горизонтальных участках или спусках, так как при движении на подъем значительная часть силы тяги тратится на передвижение самого бульдозера.

Разработку грунта бульдозерами можно производить продольным, поперечным и продольно-поперечным способами.

*Продольный* – такой способ, при котором все элементы цикла выполняются в направлении, параллельном оси возводимого сооружения.

*Поперечный* – такой способ, при котором все элементы цикла выполняются в направлении, перпендикулярном оси возводимого сооружения.

*Продольно-поперечный* – это способ, при котором резание грунта и набор его перед отвалом выполняются в направлении, параллельном оси сооружения, а транспортируется грунт в направлении, перпендикулярном оси сооружения. Применяется для разравнивания отвалов грунта, засыпки траншей, разработки грунта в выемках с перемещением его в отвалы.

Выбор способа разработки зависит от параметров разрабатываемой полосы грунта, направления выполнения отдельных элементов.

Планировка площадок бульдозерами выполняется преимущественно траншейным и послойным способами (рис. 1.11).

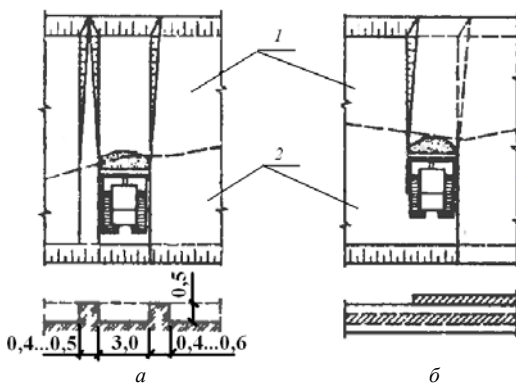


Рис. 1.11. Схемы резания и перемещения грунта бульдозером: а – траншейный; б – послойный; 1 – насыпь; 2 – выемка

При *траншейном* способе выемку разбивают на ярусы глубиной 0,4...0,5 м. Разработку каждого яруса ведут траншеями на ширину отвала бульдозера, разрабатывая за 2...3 проходки бульдозера по нему, оставляя между ними полосы нетронутого грунта шириной до 0,6 м, которые срезают в последнюю очередь. При разработке выемок данным способом потери грунта при транспортировании минимальны.

При *послойном* способе выемку разрабатывают слоями на толщину снимаемой стружки за один проход бульдозера последовательно по всей ширине выемки или отдельными его частями. Способ применим при небольших глубинах срезки и сложном очертании площадки работ, он прост и используется чаще, чем траншейный.

При перемещениях грунта на расстояние свыше 40 м применяют способ разработки с промежуточным валом, а также спаренную работу двух бульдозеров. Отсыпку грунта ведут послойно, начиная с более удаленной точки от места забора. При дальности перемещения до 70 м бульдозер возвращается в забой для повторения цикла задним ходом без разворота машины.

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

$$q = fb_0k_n = \frac{H_0^2 b_0 \sin \beta}{2 \operatorname{tg} \varphi} k_n,$$

$$f = 0,5 H_0 \frac{H_0}{\operatorname{tg} \varphi},$$

где  $f$  – площадь поперечного сечения грунта перед отвалом, м<sup>2</sup>;

$b_0$  – ширина отвала, м;

$k_n$  – коэффициент заполнения емкости перед отвалом бульдозера в долях единицы от наибольшего возможного заполнения (примерно 0,6...0,8);

$H_0$  – высота отвала, м;

$\beta$  – угол захвата, град;

$\varphi$  – угол естественного откоса грунта (30...40°).

Длина пути набора грунта перед отвалом бульдозера (рис. 1.12) определяется по формуле

$$l_n = \frac{q k'_p k_n}{k_h h b_0 \cdot \sin \beta},$$

где  $q$  – объем грунта, перемещаемого отвалом бульдозера, м<sup>3</sup>;

$k'_p$  – коэффициент приведения грунта к первоначальной плотности;

$k_n$  – коэффициент потерь грунта в боковых валиках при резании (примерно 1,2);

$k_h$  – коэффициент неравномерности толщины стружки,  $k_h = 0,7$ ;

$h$  – глубина резания, м;

$b_0$  – ширина отвала бульдозера, м.

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

Резание грунта следует осуществлять на горизонтальных участках или спусках, так как при движении на подъем, значительная часть силы тяги тратится на передвижение самого бульдозера.

При резании грунта применяют прямоугольную, гребенчатую и клиновую схемы (рис. 1.13). Прямоугольная (рис. 1.13, а) применяется для срезки растительного грунта с трассы и разработки грунтов на подъемах. Гребенчатая (рис. 1.13, б) – для разработки грунтов I группы на спусках. Клиновья (рис. 1.13, в) – на горизонтальных участках и спусках для разработки грунтов I и II групп.

На месте укладки грунт можно отсыпать бульдозером либо в виде отдельных валов – призм, либо послойно при укладке грунта в качественные насыпи.

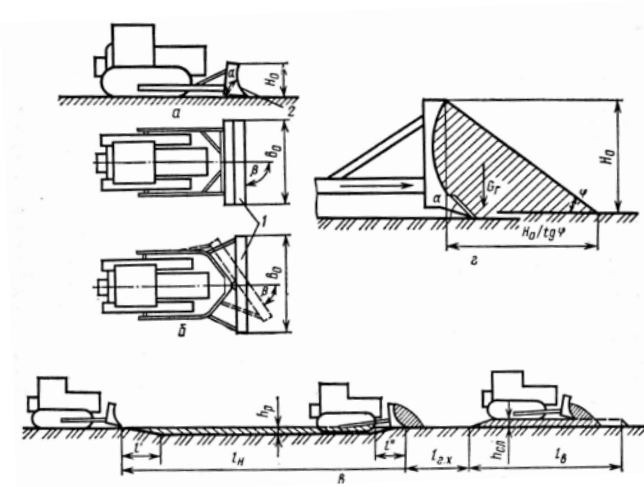


Рис. 1.12. Схемы работы бульдозеров: *a* – с неповоротным отвалом; *б* – с поворотным отвалом; *в* – схема набора, перемещения и отсыпки грунта; *г* – схема к определению объема грунта перед отвалом бульдозера

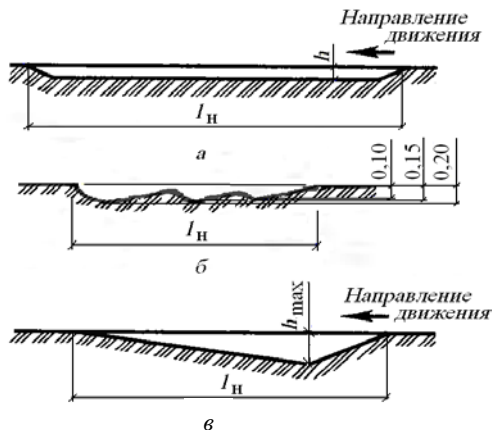


Рис. 1.13. Схемы резания грунта бульдозером: *a* – прямоугольная; *б* – гребенчатая; *в* – клиновая

В процессе производства работ бульдозерами часто необходимо перемещать грунт из выемки или по откосу насыпи вверх или выполнять планировку откосов. При этом требуется установить либо крутизну предельного откоса, либо объем грунта, который сможет перемещать бульдозер при заданной крутизне откоса. Обе задачи решают приравнением действующих тяговых сопротивлений силе тяги трактора-тягача на крюке:

$$W_1 + W_3 \pm W_5 = F_{кр},$$

где  $W_1$  – дополнительное тяговое сопротивление передвижению от веса рабочего оборудования бульдозера;

$W_3$  – сопротивление от перемещения призмы грунта перед отвалом;

$W_5$  – дополнительное сопротивление от составляющей силы тяжести трактора, оборудования бульдозера, грунта при работе бульдозера на негоризонтальных участках.

Предельная крутизна преодолеваемого бульдозером уклона пути

$$i_{\max} = \frac{F_{кр} - W_1 - W_3}{G_T + G_6 + G_T} = \frac{F_{кр} - G_6 f_T - G_T (\mu + \mu_1 \cdot \cos^2 \alpha)}{G_T + G_6 + G_T}.$$

Предельный объем грунта, который может быть перемещен бульдозером на подъеме при условии, что грунт на подъеме не режется, определяется по формуле

$$V_T = \frac{G_T}{\gamma_p} = \frac{1}{\gamma_p} \cdot \frac{F_{кр} - W_1 \pm W_5}{\mu + \mu_1 \cdot \cos \alpha \pm i} = \frac{1}{\gamma_p} \cdot \frac{F_{кр} - G_6 f_T \pm (G_T + G_6) \cdot i}{\mu + \mu_1 \cdot \cos \alpha \pm i},$$

где  $F_{кр}$  – сила тяги на крюке при первой передаче трактора;

$G_6, G_T, G_T$  – вес соответственно бульдозера, трактора и перемещаемого грунта;

$f_T$  – коэффициент сопротивления перекачиванию трактора;

$\mu, \mu_1$  – коэффициенты трения грунта по грунту (0,7...1,2) и грунта по металлу (0,4...0,6);

$i$  – преодолеваемый уклон пути;

$\alpha$  – угол наклона рабочей поверхности отвала к горизонту, примерно равный углу резания грунта;

$\gamma_p$  – плотность грунта в рыхлом состоянии перед отвалом.

Предельная крутизна откосов для работы бульдозеров ( $m$ ) обычно составляет не более чем 2,5.

## 1.9. Производительность транспорта циклического действия, методика ее расчета

Производительность оборудования при транспортировке грунта зависит от параметров транспортных средств, условий объекта: способа погрузки грунта, дальности перемещения его, состояния дорог, рельефа местности.

Техническую производительность ( $\Pi_T$ , м<sup>3</sup>/ч) автосамосвала определяют по формуле

$$\Pi_T = 60 Q_{об} / T,$$

где  $Q_{об}$  – объем грунта в кузове (кузовах), приведенный к объему его в плотном теле, м<sup>3</sup>;

$$Q_{об} = G_T / \gamma_e,$$

$T$  – продолжительность одного цикла транспортной единицы, мин;

$G_T$  – грузоподъемность транспортной единицы, т;

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

При малом значении отношения вместимости кузова транспортной машины к вместимости ковша погрузочной машины загрузку транспортных средств необходимо проверять исходя из целого числа ковшей  $m$ .

Число ковшей для загрузки

$$m = Q / (\gamma_e q_{кН} k'_p),$$

где  $q$  – геометрическая вместимость ковша экскаватора, м<sup>3</sup>.

Принимать следует целое число ковшей (меньшее).

Тогда

$$Q_{об} = m q_{кН} k'_p.$$

Продолжительность цикла

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5,$$

где  $t_1$  – продолжительность подачи под погрузку,  $t_1 = 0,5 \dots 1$  мин;

$t_2$  – продолжительность погрузки, мин;

$t_3$  – продолжительность груженого хода, мин;

$t_4$  – продолжительность разгрузки вместе с маневрированием, для саморазгружающихся средств транспорта  $t_4 = 1 \dots 3$  мин в зависимости от грузоподъемности;

$t_5$  – продолжительность порожнего хода, определяемая так же, как и  $t_3$ , мин.

Продолжительность погрузки

$$t_2 = 60 Q_{об} \kappa / П_{м},$$

где  $\kappa$  – коэффициент увеличения продолжительности погрузки из-за случайных задержек,  $\kappa = 1,1$ ;

$П_{м}$  – техническая производительность землеройной машины в карьере, м<sup>3</sup>/ч.

Продолжительность груженого хода

$$t_3 = (l_1 / V_1 + l_2 / V_2 + \dots + l_n / V_n) \kappa_{зам},$$

где  $l_1, l_2, \dots, l_n$  – длины участков пути с разными условиями (уклоны, покрытия, состояние), м;

$V_1, V_2, \dots, V_n$  – скорости на соответствующих участках пути, м/мин;

$\kappa_{зам}$  – коэффициент замедления при разгоне и торможении, зависит от дальности передвижения; для автомобиля при дальности возки 1 км  $\kappa_{зам} = 1,05$ , при 0,5 км – 1,1 и при 0,25 км – 1,2.

Если невозможно учесть условия пути на разных участках, продолжительность груженого или порожнего хода определяют по средней скорости движения автомобилей:

$$t_3 \approx t_5 = \frac{L}{V_{ср}}.$$

В условиях бездорожья скорости движения в пределах стройплощадок снижают на 15 %.

### **1.10. Производительность землеройных и землеройно-транспортных машин, методика ее расчета и пути повышения**

Производительностью машины называется работа, выполняемая в единицу времени – час, смену, месяц, год.

Производительность машины в основном зависит:

– от конструкции машины (мощности двигателя, конструкции рабочего органа, скорости перемещения, системы управления, удобства ее обслуживания);

– производственных условий, которые могут быть общими для всех машин (тип сооружения, вид работы, атмосферные условия) и индивидуальными для отдельных машин (рельеф местности, группа грунта, высота забоя, дальность перемещения грунта и т. д.);

– квалификации и мастерства машинистов, степени освоения ими передовых методов и приемов управления машиной, поддержания ее в рабочем состоянии;

– организации и технологии производства работ (применение точных методов в организации работ, обеспечение машин фронтом работ, необходимыми материалами и т. д.).

Повысить производительность машин можно за счет воздействия на все факторы, кроме конструкции машины.

Различают следующие виды производительности машин:

– конструктивная – характеризует конструктивные возможности машины и нужна для сравнения вариантов машин при их проектировании;

– техническая – характеризует технические возможности машины в конкретных производственных условиях. При ее расчете учитывают конструкцию машины и условия производства работ;

– эксплуатационная – определяется с учетом организационных перерывов в работе (простои для заправки машины горюче-смазочными материалами, технологические перерывы, перерывы для отдыха машиниста и т. д.).

В общем виде производительность ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) землеройных и землеройно-транспортных машин можно представить следующим образом:

конструктивная производительность

$$P_k = 60 q n;$$

техническая

$$P_t = P_k k_n k'_p = 60 q n k_n k'_p;$$

эксплуатационная

$$P_3 = P_t k_b = 60 q n k_n k'_p k_b,$$

где  $q$  – геометрический объем ковша экскаватора (скрепера) или геометрический объем призмы грунта перед отвалом бульдозера, перемещаемого за один цикл работы землеройной или землеройно-транспортной машины,  $\text{м}^3$ ;

$n$  – число циклов работы машины в 1 мин;

$k_n$  – коэффициент наполнения рабочего органа (ковша, отвала);

$k'_p$  – коэффициент приведения грунта к первоначальной природной плотности;

$k_b$  – коэффициент использования машины по времени в течение смены.

Взяв за основу эти формулы, можно получить из них формулы для определения производительности землеройной и землеройно-транспортной машины.

Так, производительность бульдозеров определяется по формуле

$$\Pi = 60 q n k_n k_i k'_p k_b;$$

производительность скреперов –

$$\Pi = 60 q n k_n k'_p k_b,$$

где  $k_n$  – коэффициент потерь грунта в боковые валики;

$k_i$  – коэффициент, учитывающий влияние уклона пути.

Коэффициент потерь грунта в зависимости от дальности его перемещения

$$k_n = 1 - k_1 l_{г.х},$$

где  $k_1$  – опытный коэффициент;

$l_{г.х}$  – длина пути перемещения грунта до места отсыпки, м.

Число циклов работы машины в минуту

$$n = \frac{60}{t_{ц}}$$

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

Для одноковшовых экскаваторов

$$t_{ц} = t_k + t_n + t_b + t'_n,$$

где  $t_k$  – продолжительность копания, с;

$t_n$  – продолжительность поворота на выгрузку, с;

$t_b$  – продолжительность выгрузки, с;

$t'_n$  – продолжительность поворота в забой, с.

Для бульдозеров

$$t_{ц} = t_n + t_{г.х} + t_{х.х} + 2t'_n + mt_{п.п} + t_o.$$

Для скреперов

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{н}} + t_{\text{г. х}} + t_{\text{в}} + t_{\text{х. х}},$$

где  $t_{\text{н}}$ ,  $t_{\text{г. х}}$ ,  $t_{\text{в}}$ ,  $t_{\text{х. х}}$  – соответственно продолжительности набора грунта, груженого хода, выгрузки, холостого хода;

$t_{\text{п}}$ ,  $t_{\text{п. п}}$ ,  $t_{\text{о}}$  – соответственно продолжительности одного поворота на  $180^\circ$  (10...20 с), одного переключения скорости (5 с), опускания отвала в рабочее положение (1...2 с);

$m$  – число переключений скоростей трактора за один цикл.

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

для бульдозеров

$$t_{\text{х. х}} = \frac{l_{\text{н}} + l_{\text{г. х}}}{K_{\text{в}} v_{\text{х. х}}};$$

$$t_{\text{н}} = \frac{l_{\text{н}}}{K_{\text{в}} v_{\text{н}}};$$

$$t_{\text{г. х}} = \frac{l_{\text{г. х}}}{K_{\text{в}} v_{\text{г. х}}};$$

для скреперов

$$t_{\text{н}} = \frac{l_{\text{н}}}{v_{\text{н}}} K_3;$$

$$t_{\text{г. х}} = \frac{l_{\text{г. х}}}{v_{\text{г. х}}} K_3;$$

$$t_{\text{в}} = \frac{l_{\text{в}}}{v_{\text{в}}} K_3;$$

$$t_{\text{х. х}} = \frac{l_{\text{х. х}}}{v_{\text{х. х}}} K_3,$$

где  $l_{\text{н}}$ ,  $l_{\text{в}}$ ,  $l_{\text{г. х}}$ ,  $l_{\text{х. х}}$  – длины участков пути набора грунта, выгрузки, груженого и холостого хода, м;

$v_{\text{н}}$ ,  $v_{\text{в}}$ ,  $v_{\text{г. х}}$ ,  $v_{\text{х. х}}$  – скорости движения (бульдозера, тягача скрепера) соответственно при наборе грунта, выгрузке, перемещении грунта и обратном ходе, м/мин;

$k_v$  – коэффициент, учитывающий снижение скоростей по сравнению с расчетной конструктивной скоростью трактора;

$k_3$  – коэффициент, учитывающий увеличение продолжительности элементов цикла за счет разгона при трогании с места, замедлении при остановке и переключении передач, пробуксовке движителей по грунту.

При выполнении бульдозерами работ по планировке поверхности их эксплуатационную производительность ( $m^2/ч$ ) определяют по формуле

$$P_{пл} = \frac{3600L(b_o \cdot \sin \beta - 0,5)}{m \left( \frac{L}{V} + t_{п} \right)} k_B,$$

где  $L$  – длина планируемого участка, м;

$b_o$  – ширина отвала, м;

0,5 – ширина перекрытия смежными проходами, м;

$\beta$  – угол захвата (для неповоротных отвалов  $\beta = 90^\circ$  и  $\sin \beta = 1$ );

$m$  – число проходов по одному месту;

$V$  – скорость движения тягача при планировке, м/с;

$t_{п}$  – продолжительность разворота в конце планируемого участка, с.

Основные пути повышения производительности землеройных и землеройно-транспортных машин приведены в табл. 1.4.

Таблица 1.4. Основные пути повышения производительности землеройных и землеройно-транспортных машин

Машины	Увеличение объема грунта, разрабатываемого за один цикл	Увеличение числа циклов в единицу времени	Более полное использование рабочего времени
1	2	3	4
Одноковшовые экскаваторы	Применение сменных ковшей на легких грунтах.	Совмещение отдельных элементов цикла. Уменьшение углов поворота в плане	Использование машин в соответствии с их назначением. Обеспечение работой. Рациональные способы перебазирования машин
	Очистка ковшей от налипшего грунта		
	Работа в забоях нормальной глубины		
	Рыхление тяжелых плотных грунтов		
	Осушение мокрых грунтов в забоях		
Бульдозеры	Применение боковых открьлков к отвалу	Рациональные схемы путей перемещения	Высокая трудовая дисциплина рабочих
	Спаренная работа бульдозеров	Максимально возможные скорости перемещения грунта	

1	2	3	4
Бульдозеры	Траншейные способы разработки грунта	Рациональные способы резания грунта: уступами, шахматно-гребенчатым способом	
	Набор и перемещение грунта под уклон		
	Рыхление тяжелых грунтов		
Скреперы	Улучшение наполнения ковша	Рациональные схемы путей возки грунта: максимально возможные транспортные скорости	Обеспечение материалами, ресурсами, вспомогательными машинами. Своевременное выполнение техобслуживания и текущего ремонта. Увеличение числа рабочих смен в сутках (до 2...3). Использование машин зимой. Обеспечение квалифицированными кадрами
	Набор грунта под уклон; набор грунта с толкачом; увеличение толщины стружки при рациональных способах резания грунта (уступами, шахматно-гребенчатым способом)		

С увеличением дальности перемещения грунта производительность бульдозеров и скреперов резко снижается, при дальности свыше 20...30 м перемещение грунта бульдозером становится малоэффективным из-за больших потерь грунта по пути. Объем перемещаемого отвалом грунта в большой мере зависит от уклона местности, на которой работает бульдозер. При работе на спусках объем перемещаемого за один раз грунта и производительность резко увеличиваются.

Производительность скрепера в основном зависит от длины пути. Пределы применения скреперов можно увеличить при повышении транспортных скоростей движения до 30...60 км/ч.

### 1.11. Строительство каналов машинами непрерывного действия

Каналокопатели непрерывного действия (двухфрезерные, шнекороторные), в отличие от одноковшовых экскаваторов, являются узкоспециализированными не только по назначению, но и по размерам сечения канала и грунтовым условиям. Недостатками этих машин являются также большая масса, сложность, проблемы с проходимостью на слабых грунтах.

Вместе с тем применение таких машин в несколько раз увеличивает производительность труда, снижает стоимость выемки грунта и машиноёмкость на строительстве каналов по сравнению с одноковшовыми экскаваторами. Характерным для них является точное профилирование выемок и ровность поверхности, упрощается технология производства работ.

Для улучшения проходимости каналокопателей возможна прокладка траншей предварительного осушения в зимний период по трассе будущего канала или на расстоянии в 3...4 м от его оси.

### **1.12. Подготовка и крепление откосов каналов**

Если канал устраивается специализированным каналокопателем (двухфрезерным или шнекороторным), планировка откосов обычно не требуется, откосы после прохода машины получаются ровными, сложными из коренного грунта.

Однако после устройства русла канала одноковшовым экскаватором его откосы, как правило, требуют планировки (выравнивания). Причина заключается в специфике работы экскаватора при устройстве русла. На откосах при этом остаются выраженные неровности в виде выемок и бугров. Цель планировки – выровнять поверхность откоса путем срезки возвышений и засыпки углублений, что способствует повышению устойчивости грунта, обеспечивает водоотвод и приводит профиль канала в соответствие с проектом.

Технические средства и способы выравнивания откосов, существующие в настоящее время, довольно разнообразны. Так, для указанной цели можно использовать бульдозеры и грейдеры с откосником или с отдельным боковым отвалом, расположенным параллельно откосу канала. Однако этот способ планировки ограничен относительно небольшими размерами поперечных сечений обслуживаемых каналов, так как увеличение длины откоса влечет необходимость увеличения длины отвала, что отрицательно сказывается на устойчивости машины, как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости. Например, для планировки откоса канала глубиной 2 м при коэффициенте заложения 1,0 требуется отвал длиной не менее 2,8 м, а при коэффициенте заложения 2,0 – около 4,5 м. Если же он будет расположен не в плоскости, перпендикулярной продольной оси канала, его длина должна быть еще больше. Это обстоятельство, а также то, что подобное оборудование должно базироваться на тракторе класса 60...100 кН (мощном и тяжелом), ограничивает его практическое применение.

Для производства указанных работ в принципе возможно применение экскаваторов с телескопическим рабочим оборудованием. При этом обеспечивается хорошее качество планировки, но по сравнению с другими технологиями потребность в ресурсах больше, особенно с учетом относительно небольшой длины откосов осушительных каналов.

Представляет интерес оборудование и технология для рыхления, выравнивания и прикатывания грунта на откосах, имеющее целью подготовку откоса под посев трав, которое может использоваться как на новых, так и на существующих каналах, требующих ремонта. Рабочий орган – многороторный с осью вращения роторов, перпендикулярный плоскости откоса. При вращении роторы ножами (клыками) рыхлят грунт и разрушают некачественное покрытие откоса, каток, установленный сзади, уплотняет взрыхленный грунт. Положительное качество технологии – комплексная подготовка откосов как новых, так и существующих каналов.

Отличается простотой технология и оборудование для нанесения растительного грунта на откосы и планировки с одновременным рыхлением для посева трав. Состоит оборудование из лыжи с пригрузкой, движущейся по дну канала и копирующей его, двух якорных цепей с вваренными в их звенья крюками и способными вращаться вокруг своей оси. Работа агрегата осуществляется двумя тракторами, синхронно движущимися по бермам канала. Предварительно бульдозером за бровку канала на откос надвигается растительный грунт (возможно с удобрениями и семенами трав). При движении агрегата вдоль канала вращающиеся цепи производят планировку, равномерно распределяя растительный грунт по всей поверхности откоса. Недостаток технологии – потребность в двух тракторах.

Существуют также различные приспособления на базе переоборудованных разбрасывателей органических удобрений с оснащением боковым транспортером или ротором-метателем. При этом растительный грунт, дернукрошка или почвенная смесь с удобрениями и семенами трав загружается в кузов и агрегат, двигаясь по берме канала, набрасывает материал на откос.

Крепление откосов каналов производится в соответствии с проектом. Ранее широко применялась одерновка откосов – сплошная или в клетку. Технология отличается сложностью и трудоемкостью, а заготовка естественной дернины приводит к оголению луговых угодий. Применение искусственно выращиваемых торфодерновых ковров позволяет избежать последнего недостатка, в остальном же принципиально не отличается от крепления естественной дернины.

Большой интерес представляет технология крепления откосов непропорциональными коврами. Ее сущность заключается в следующем. В специальном смесителе готовится смесь из торфа, семян трав и минеральных удобрений, которая загружается в подготовленный армирующий материал в виде мешка нужного размера из ячеистого материала (мешковина, марля техническая и т. п.). Размер ячеек должен быть не менее  $1 \times 1$  мм, чтобы корни и ростки растений могли свободно проникать через материал ковра. Подготовленные таким образом ковры укладываются на спланированный откос канала и увлажняются. В течение лета корни растений прочно укрепляются в грунте откоса, а армирующий материал разлагается.

По сравнению с технологией одерновкой или торфодерновыми коврами существенно снижается потребность в ресурсах, увеличивается производительность труда.

Широко используется технология крепления откосов гидропосевом трав. Ее сущность заключается в разбрызгивании специальной гидросеялкой по поверхности откоса рабочей смеси из семян трав, удобрений и воды. При креплении крутых откосов ( $m < 1,75$ ), а также сложенных из мягких песчаных грунтов, подверженных эрозии, в состав рабочей смеси могут включаться мульчирующие органические добавки – опилки ( $400 \text{ г/м}^2$ ), торф ( $400 \text{ г/м}^2$ ), измельченная солома (длиной  $1 \dots 2$  см,  $200 \text{ г/м}^2$ ), ил. Расход смеси рекомендуется около  $4 \text{ л/м}^2$  закрепленного откоса. Во избежание стекания смеси ее разливают не сразу, а за  $2 \dots 3$  прохода сеялки.

При опасности эрозии и смыва семян после нанесения рабочей смеси на откос следует наносить стабилизирующие (пленкообразующие) эмульсии, в качестве которых используются битумные и латексные эмульсии, водный раствор геля полиакриламида (ПАА). Битумные эмульсии – БН-0, БН-I, БН-II, БН-III на эмульгаторе ССБ (сульфатно-спиртовая барда) наносятся на откос при расходе  $0,8 \dots 1,1 \text{ л/м}^2$  при концентрации  $5 \dots 20$  %, латексные – СКС-65ГП –  $60 \dots 70 \text{ г/м}^2$  в расчете на сухое вещество.

Раствор геля ПАА с концентрацией  $1,5 \dots 2,0$  % готовится заблаговременно и вносится в емкость гидросеялки из расчета  $100 \text{ г/л}$ , расход смеси –  $3 \dots 5 \text{ л/м}^2$ . Пленкообразующие материалы нельзя включать в состав основной рабочей смеси, так как они несовместимы с минеральными удобрениями.

В зависимости от условий гидропосев осуществляется по одной из технологических схем (ТС).

ТС-1 применяется ранней весной или осенью, когда грунт на откосах имеет достаточную влажность и нет опасности эрозии и смыва семян. Мульчирующие и пленкообразующие материалы не применяются, вносится обычная рабочая смесь (семена, удобрения, вода), после чего поверхность откоса боронуется.

ТС-2 – гидропосев с последующим внесением пленкообразующих материалов, применяется весной и во второй половине лета, когда есть опасность эрозии и смыва семян.

ТС-3 – гидропосев с последующим мульчированием и применением пленкообразующих материалов; последовательность операций: гидропосев, нанесение мульчирующих материалов, стабилизация эмульсиями. Применяется с апреля по сентябрь.

ТС-4 – гидропосев с одновременным мульчированием и применением пленкообразующих материалов. Выполняется в два этапа: на первом наносится рабочая смесь в количестве  $2 \text{ л/м}^2$  из воды, семян трав, минеральных удобрений и половинного количества мульчирующих материалов; на втором – рабочая смесь, включающая воду, остальное количество мульчирующих материалов, пленкообразователь, антикоагулянт (мездровый клей) и пеногаситель (диамид). Применяется при большой крутизне откосов с апреля по сентябрь.

Кроме приведенной технологии пока применяется и ручной высев семян трав на откосы с последующей заделкой боронованием.

### **1.13. Производство ремонтно-эксплуатационных работ**

Деформации, возникающие в процессе эксплуатации открытой осушительной сети, отличаются большим разнообразием. Их причины в основном вызваны влиянием различных природных факторов и нарушением правил эксплуатации.

К наиболее важным и трудоемким ремонтным работам относятся очистка от наносов и удаление сорной травянистой растительности на бермах, откосах и дне каналов, причем вначале осуществляется окашивание, а затем очистка от наносов.

Очистка каналов от наносов осуществляется каналоочистителями циклического и непрерывного действия.

Каналоочистители циклического действия – это в основном строительные (универсальные) экскаваторы с оборудованием драглайн или обратная лопата, оснащенные специальными ковшами, приспособленными к специфике очистных работ (уширенные, с отверстиями, ре-

щетчатые, корчующие – «кустодер»). Особенно широко используются поворотные («циркульные») уширенные ковши обратной лопаты, эффективно работающие при объеме наносов до 2 м<sup>3</sup>/м, допускается наличие камней размером до 0,3 м и воды в канале глубиной до 1 м без существенного снижения производительности.

Одноковшовые каналоочистители на базе экскаваторов и тракторов работают, перемещаясь по берме канала снизу вверх против течения. Если очистка осуществляется за два прохода экскаватора, второй проход рекомендуется выполнять сверху вниз, что способствует удалению взвешиваемых грунтовых частиц в процессе разработки и осаждающихся ниже по течению. Основные закономерности применения экскаваторов в увязке с параметрами обслуживаемых каналов изложены выше.

Каналоочистители непрерывного действия отличаются большим разнообразием конструкций, однако применяются гораздо реже одноковшовых. Это объясняется сравнительно небольшими размерами обслуживаемых каналов, невозможностью работы при наличии камней и древесных остатков, более жесткими требованиями к наличию или отсутствию воды в канале и др.

В порядке подготовки к основным работам необходимо выполнить планировку берм канала бульдозером, обозначить вешками ось хода каналоочистителя, дренажные устья, знаки береговой обстановки, удалить из русла крупные камни (более 0,2 м), пни и другие предметы, которые могут затруднить работу машин. Из всего многообразия каналоочистителей непрерывного действия наиболее распространены многоковшовые цепные поперечного копания и роторные (фрезерные).

Многоковшовые каналоочистители (мелиоративные экскаваторы ЭМ-152Б, МР-15) могут использоваться для очистки только дна канала или одновременно разрабатывать грунт и на дне, и на откосах. Оригинальная конструкция гусеничного хода позволяет экскаватору располагаться как на одной стороне канала (береговая схема), так и на обеих (седловая схема). В последнем случае экскаватор может обслуживать канал с малой шириной берм, что важно в вегетационный период, когда прилегающие площади заняты посевами. Береговая схема применяется при работе на каналах с шириной по верху более 5 м и при отсутствии русловых гидросооружений.

Многоковшовые каналоочистители обеспечивают хорошее качество выполняемой работы, способны удалять наносы с растительностью, мелкими камнями и древесными остатками, могут работать как в

каналах с водой, так и в сухих. Недостатки, ограничивающие их применение: большая масса, многопроходность, при объемах выемки более  $0,05 \dots 0,2 \text{ м}^3/\text{м}$  (в зависимости от физико-механических свойств грунта и коэффициента заполнения ковшей) невысокая производительность.

Фрезерные (роторные) каналочистители МР-14 с боковой навеской на тракторе ДТ-75Б и шнекороторные МР-16 распространены также достаточно широко. МР-14 используется для очистки от наносов каналов глубиной до 2 м при наличии воды до 0,3 м, а МР-16 – каналов глубиной до 3 м при глубине воды до 0,5 м. При глубинах воды более оптимальных снижается консистенция гидросмеси (пульпы), а значит, и производительность машины, и чем больше слой воды, тем больше это снижение.

Хороший эффект при работе этих машин достигается при разработке незаросших наносов, представленных торфяными, торфяно-песчаными, песчано-гумусными отложениями.

Удельный объем выемки, обеспечиваемый за один проход машины, составляет от 0,15 до  $0,35 \text{ м}^3/\text{м}$ .

В зависимости от ширины дна обслуживаемого канала очистка может осуществляться за один проход (при  $b < 0,6 \text{ м}$ ), два ( $0,7 \dots 1,0 \text{ м}$ ) или за три прохода (более 1 м) (рис. 1.14).

Схемы движения машины при различном числе проходов, показанные на рис. 1.15, обеспечивают минимальные холостые перегоны.

Рассматриваемые машины высокоэффективны при правильном подборе объектов, т. е. если параметры каналов, удельные объемы выемки, физико-механический состав наносов, глубины воды соответствуют технологическим возможностям применяемых машин.

Окашивание откосов и дна каналов является обязательным процессом, выполняемым в порядке ухода за открытой сетью, и должно производиться не менее двух раз в сезон.

Подготовка берм и откосов к окашиванию заключается в удалении посторонних предметов (камней, древесины), вырубке кустарника за подлицо с поверхностью. Необходимо вешками обозначить плохо заметные сооружения (устья коллекторов и т. п.), знаки береговой обстановки.

Окашивание рекомендуется начинать с берм косилкой любого типа, желательно с фронтальной навеской. На откосах травяная растительность и кустарниковая поросль скашиваются косилками с боковой навеской за один проход, два или три прохода в зависимости от длины окашиваемого откоса.

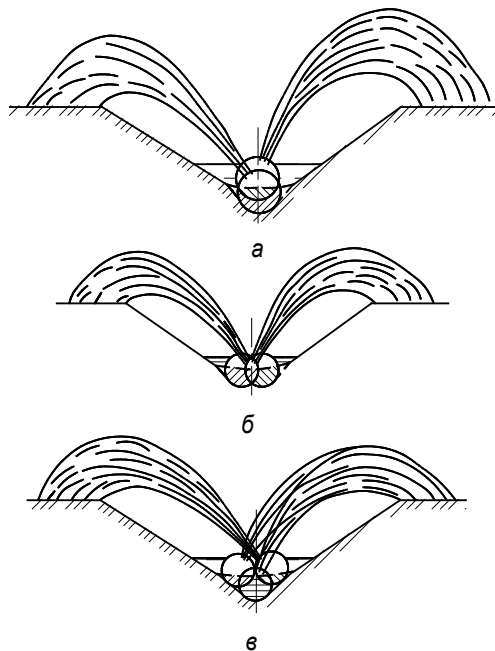


Рис. 1.14. Схема очистки канала роторным каналочистителем за один проход (а), за два прохода (б), за три прохода (в)

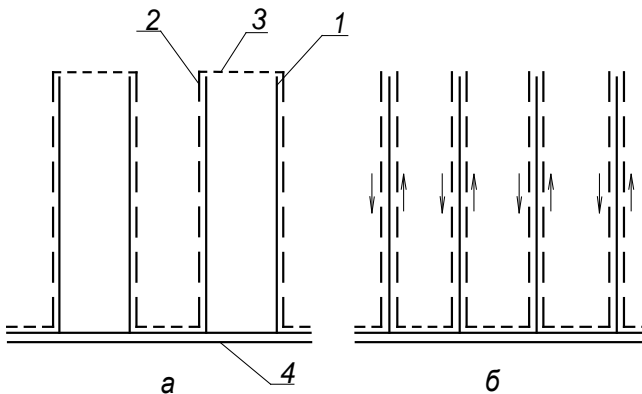


Рис. 1.15. Схемы движения каналочистителей при очистке канала за один проход (а), за два прохода (б): 1 – очищаемый канал; 2, 3 – рабочий и холостой переходы машины; 4 – магистральный канал

При необходимости нескольких проходов вначале обрабатывается верхняя часть откоса, затем средняя и наконец нижняя. В случае применения косилки-измельчителя скашиваемая масса одновременно измельчается и либо остается на откосе, либо выбрасывается на берму. Скошенная масса удаляется с откоса цепным подборщиком или ротационными граблями движением машины по берме.

Водная растительность на каналах уничтожается в процессе очистки канала либо использования специального решетчатого ковша-косилки на базе обратной лопаты с одновременным удалением скашиваемой массы за пределы канала.

В русле крупных каналов и на больших акваториях водная растительность скашивается плавучими косилками с V-образным ковшом, движущимся возвратно-поступательно, или с дисковой пилой. Применяются также плавучие косилки с сегментным двухъярусным рабочим органом (Г-образным).

Срезанная растительность с водной поверхности собирается мотоботом с вилочным рабочим органом или перемещается на берег.

#### **1.14. Контроль качества**

При строительстве каналов контролируется подготовка трасс, строительная разбивка, устройство выемки, разравнивание кавальеров, крепление откосов.

Основные требования к качеству следующие.

На расчищенной трассе допускается наличие пней, камней, глыб мерзлого грунта размерами не более  $\frac{1}{2}$  ширины ковша драглайна и  $\frac{2}{3}$  – обратной лопаты.

Фактическая ось в результате строительной разбивки не должна быть смещена относительно разбивочной оси более чем на 200...500 мм при пропускной способности канала соответственно до  $10 \text{ м}^3/\text{с}$  и более  $50 \text{ м}^3/\text{с}$ .

При устройстве выемки отклонение оси канала не допускается более 0,05 м, от проектного продольного уклона дна – 0,0005, поперечных размеров – 0,1 м.

Не допускаются переборы грунта дна каналов ниже проектных отметок, увеличение крутизны откосов.

На откосах допускаются углубления до 150 мм, выступы до 100 мм.

В процессе разравнивания кавальеров должна быть спланирована поверхность полосы разравнивания, а толщина слоя разравнивания – соответствовать проекту.

## **2. ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ**

### **2.1. Цели и задачи технического нормирования**

Техническое нормирование – система исследования и установления норм технически обоснованного расхода различных производственных ресурсов (рабочего времени, материалов, энергоносителей и т. д.).

На основании технических норм решаются вопросы производства, организации и планирования строительства, обеспечения требуемыми трудовыми, материальными ресурсами и денежными средствами. Технические нормы служат также основой для организации, учета и оплаты труда рабочих на строительстве.

Появление новой техники, возрастающая механизация, новые формы организации труда приводят к тому, что технические нормы устаревают и утрачивают прогрессивный характер, поэтому нормы периодически пересматривают.

Цели технического нормирования: обеспечение роста производительности труда на основе принятых методов труда; улучшение использования рабочего времени, рабочих и машин.

Задачами технического нормирования являются:

- установление необходимого количества рабочих и необходимой продолжительности их работы;
- установление и разработка обоснованных норм затрат труда на выполнение каких-либо процессов;
- изучение величины потерь рабочего времени и причин их возникновения;
- изучение полезных затрат на выполнение единицы объема работ либо единицы продукции;
- проектирование оптимальных режимов работы машин и правильной организации рабочего места исполнителя;
- анализ и проектирование производственных мощностей строительных подразделений.

### **2.2. Методы технического нормирования**

Нормативные наблюдения – это методы технического нормирования труда, применяемые для исследования строительно-монтажных процессов.

Проведение технического нормирования состоит:

- из изучения строительно-монтажного процесса;

- выбора его нормали и объекта наблюдения;
- проведения хронометражных наблюдений;
- проектирования технически обоснованных норм;
- проверки запроектированных норм и нормалей в производственных условиях.

Изучение строительного-монтажного процесса осуществляется с помощью специальных организационных и нормативных наблюдений.

Организационные наблюдения проводятся для выявления передовых методов труда и изучения затрат и потерь рабочего времени.

Нормативные наблюдения проводятся с целью установления фактического расхода строительных материалов, необходимых на единицу объема работ или продукции.

Основными методами наблюдения в строительстве являются: технический учет, фотоучет, хронометраж, фотография рабочего времени.

Технический учет проводится с целью определения уровня выполнения действующих технических норм.

При техническом учете затраты рабочего времени наблюдаемых рабочих подразделяют на нормируемые, к которым относят время на выполнение оперативной и подготовительно-заключительной работы по заданию, время регламентированных перерывов, и прочие. Точность учета времени при этом принимается равной 10 мин.

Фотоучет проводится для учета всех видов затрат рабочего времени: ручных, механизированных, циклических и непрерывных строительных процессов в течение определенного отрезка времени. Это основной метод нормативных наблюдений, осуществляемый при помощи обычных часов.

Фотоучет подразделяется на индивидуальный и групповой, а по способу записи затрат рабочего времени – на цифровой, графический и смешанный.

*Индивидуальный фотоучет* применяют в тех случаях, когда в результате работы одного рабочего получается продукция (работа), подающаяся индивидуальному учету. В тех случаях когда продукция изучаемого процесса может быть получена лишь в результате согласованной или параллельной работы нескольких рабочих, применяют *групповой фотоучет*.

В качестве инструмента для замеров времени используют однострелочный секундомер или часы-секундомер (хронометр).

*Цифровой способ записи* рекомендуется в тех случаях, когда при исследовании требуется высокая точность замеров времени (5, 10 или

15 с), а также когда наблюдения проводятся за работой не более двух рабочих. Для записи времени применяют специальный бланк (форма Ц).

*Графический способ записи* времени применяют при одновременном наблюдении за одним-двумя рабочими с отдельным учетом времени и выполненной работы по каждому рабочему. Этот способ обеспечивает точность замеров времени в пределах 0,5...1,0 мин.

*Смешанный способ записи* включает в себя элементы графического и цифрового способов. Применяется при групповом фотоучете, когда наблюдение ведется за тремя и более рабочими. Точность записи времени – 0,5...1,0 мин.

Хронометраж проводится для определения продолжительности периодически повторяющихся элементов строительных процессов (отдельных циклов или элементов циклов); выявления и изучения передовых методов и приемов труда, причин невыполнения норм отдельными работниками; проверки установления норм выработки.

При хронометраже продолжительность элементов измеряют при помощи секундомера с точностью до 0,2 с.

Хронометраж бывает: сплошной (непрерывный) и выборочный.

Наблюдение способом *непрерывного хронометража* – выборочное исследование затрат времени. При этом виде хронометража в процессе наблюдения фиксируются все следующие друг за другом элементы исследуемого производственного процесса, однако наблюдение охватывает не всю смену, а некоторую ее часть (являющуюся ее выборкой). Непрерывный хронометраж отличается от наблюдения способом цифрового фотоучета только точностью записи времени. Наблюдения записывают на бланках формы Ц. Техника ведения записи наблюдения на этих бланках полностью совпадает с применяемой при цифровом фотоучете.

Применение непрерывного хронометража обеспечивает большую точность замеров времени, чем при выборочном хронометраже. Запись замеров времени производится непрерывно в технологической последовательности элементов наблюдения при помощи двухстрелочного секундомера. В наблюдательном листе (бланке) наблюдатель фиксирует время окончания каждого элемента по текущему времени. Текущее время на бланке записывают в минутах и секундах нарастающим итогом по счетчику секундомера. Обработка результатов наблюдений производится по той же схеме, что и при выборочном хронометраже.

*Выборочный хронометраж* – наиболее распространенный способ, применяемый для нормирования циклических работ с часто повторяю-

щимися элементами. При данном способе время замеров записывается в технологической последовательности элементов наблюдения с пропуском одного-двух элементов (обычно хронометражист не успевает произвести замер последующего элемента, поэтому вносит его время при наблюдении очередного цикла).

Фотография рабочего дня – способ изучения всех элементов затрат рабочего времени путем непрерывного наблюдения.

При проведении наблюдений способом фотографии рабочего дня продолжительность наблюдения обязательно должна быть не менее целой рабочей смены. Несоблюдение этого условия искажает результаты проведенного наблюдения.

Проведение наблюдений способом фотографии рабочего дня применяется для определения фактического режима рабочего дня рабочих и машин, уровня выполнения действующих производственных норм и причин их невыполнения, структуры затрат рабочего времени, необходимого количества рабочих, которые должны быть заняты в нормируемом процессе; установления размера и причин потерь рабочего времени, величины нециклических нормативных добавок; изучения передового опыта организации труда на производстве.

Основные разновидности наблюдения способом фотографии рабочего дня: индивидуальное, проводимое за работой одного рабочего (машины), и звеньевое (бригадное), проводимое за несколькими рабочими, связанными единым производственным процессом и выпуском конечной продукции.

Наблюдения способом фотографии рабочего дня производят в разрезе схем классификации затрат рабочего времени рабочего или машины. Для замеров времени применяют обыкновенные часы. Запись времени производится с точностью до 1 мин.

Для анализа использования сменного фонда рабочего времени, а также для определения уровня выполнения норм применяют также метод моментных наблюдений.

Проведение наблюдений заключается в том, что наблюдатель путем обхода по заранее намеченному маршруту определяет, чем в данный момент занят каждый рабочий или как используется машина и записывает результат в наблюдательный лист условными обозначениями (при необходимости с краткими пометками в примечании). Регистрация элементов затрат времени на каждом рабочем месте должна быть в памяти наблюдателя настолько краткой, чтобы охватить лишь один элемент затрат времени. Поэтому, окинув взглядом рабочее место, наблюдатель должен отойти в сторону и делать записи в наблюда-

тельном листе, не обращая внимания на то, чем заняты рабочие или как используется машина во время записи. В противном случае элемент затрат времени может измениться, что исказит результаты наблюдения.

Метод моментных наблюдений не заменяет других способов проведения наблюдений путем фотографий рабочего дня, однако при решении отдельных задач – при одновременном изучении использования рабочего времени у большой группы рабочих – он является наиболее эффективным. Особенно эффективно его применение при изучении состояния организации труда с целью разработки мероприятий по ее совершенствованию на научной основе.

Широкое применение метода моментных наблюдений на строящихся объектах позволяет организовать систематический контроль за использованием рабочего времени рабочих и времени использования машин, своевременно принимать меры по ликвидации потерь и повышению уровня организации труда.

### 2.3. Виды технических норм и их характеристика

Для характеристики требуемых затрат труда на выполнение рабочих операций применяют приведенные ниже виды производственных технических норм.

Норма времени ( $H_{вр}$ ) – нормативное количество времени, необходимое машине, звену из несколько совместно работающих человек или отдельному исполнителю на выполнение единицы продукции соответствующего качества при принятой передовой организации труда. Норма времени выражается в часах на единицу измерения продукции (объема работ) – ч/ед. объема.

Норма численности ( $H_{ч}$ ) – количество работников определенного профиля и квалификации, необходимое для выполнения конкретных работ за определенный период в нормальных условиях.

Норма затрат труда ( $H_{з.т}$ , чел.-ч/ед. об.) – количество труда, которое необходимо затратить на выполнение единицы объема (выполнение работы за 1 ч 1 рабочим).

$$H_{з.т} = H_{ч} H_{вр}.$$

Норма выработки ( $H_{выр}$ ,  $\frac{\text{ед. об.}}{\text{чел.-ч}}$ ) – количество доброкачественной продукции, которое должен выпустить за единицу времени (час, смену

и т. д.) при данных средствах труда рабочих (звено) в условиях правильной организации производства и труда.

Между нормой выработки и нормой затрат труда существует следующая зависимость:

$$H_{\text{выр}} = \frac{W_{\text{ед}}}{H_{\text{з.т}}},$$

где  $W_{\text{ед}}$  – единица объема, на которую приводится норма времени (100 м<sup>3</sup>, 1000 м<sup>2</sup>, 1 га и т. д.).

Норма производительности ( $H_{\text{пр}}, \frac{\text{ед. об.}}{\text{ч}}$ ) – объем работы (количество продукции), который должен быть выполнен с помощью машины или механизма в единицу времени (час, смену, месяц):

$$H_{\text{пр}} = \frac{W_{\text{ед}}}{H_{\text{вр}}}.$$

Расчет необходимого количества материально-технических ресурсов производится с помощью: норм расхода строительных материалов, норм технологических отходов и потерь и др.

Норма расхода строительных материалов показывает, какое количество того или иного материала должно быть затрачено в процессе выполнения рабочих операций в нормальных условиях.

Норма технологических отходов и потерь показывает, какое количество материала безвозмездно теряется по тем или иным причинам.

Норма обслуживания – количество объектов (машин, оборудования, рабочих мест и т. д.), которое работник (группа работников) определенной квалификации должен обслужить в течение единицы рабочего времени.

Норма времени обслуживания – это время, необходимое на обслуживание одного объекта. Между нормой обслуживания и нормой времени обслуживания также существует обратно пропорциональная зависимость.

Норма управляемости – величина, которая показывает численность работников определенного профессионально квалификационного состава, которой должен управлять один руководитель.

#### **2.4. Источники технических норм, их назначение и порядок использования**

По сфере применения нормативные материалы подразделяются на межотраслевые (единые), отраслевые (ведомственные) и местные.

Межотраслевые (единые) и типовые нормы на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы утверждаются в установленном порядке и обязательны для применения во всех отраслях строительства.

Отраслевые (ведомственные) нормы и нормативы разрабатываются при отсутствии соответствующих межотраслевых норм и обязательны к применению в данной отрасли строительства.

Местные нормативы разрабатываются на отдельные виды работ в тех случаях, когда отсутствуют межотраслевые и ведомственные нормы и нормативы, а также при создании на предприятиях более прогрессивных организационно-технических условий по сравнению с учтенными при разработке действующих межотраслевых и ведомственных нормативных материалов. Местные нормативные материалы утверждаются администрацией предприятия по согласованию с профкомом.

В настоящее время в строительной практике Республики Беларусь применяются нормы затрат труда на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы (НЗТ) и нормативы расхода ресурсов (НРР).

Сборники НЗТ являются основными источниками технических норм. Каждый сборник посвящен определенному виду строительных работ и содержит: краткую характеристику машин для выполнения механизированных процессов, состав работы и звена рабочих, выполняющих работу; нормы затрат труда и выработку; примечание. В технической части и примечании приводятся коэффициенты, учитываемые при определении конкретной нормы затрат труда.

Сборники НРР предназначены для определения сметной стоимости и составления сметной документации на строительство объектов, они объединены по видам работ и конструкций и включены в отдельные сборники. Нормативы расхода ресурсов предусматривают усредненные условия и методы производства работ, учитывают весь комплекс строительных процессов, необходимых для выполнения работ.

Сборники НРР по видам работ и конструкций содержат: техническую часть, в которой приведены общие указания и правила определения объемов работ, коэффициенты, учитывающие условия производства работ, отличные от принятых в нормативах расхода ресурсов и таблицы с указанием состава работ и нормативов расхода ресурсов.

## 2.5. Тарифная система и ее составные элементы

Тарифное нормирование заключается в установлении норм оплаты труда за единицу произведенной продукции рабочими разной квалификации.

Тарифное нормирование базируется на следующих основных принципах:

- 1) распределение зарплаты должно осуществляться по затраченному труду;
- 2) результаты труда должны напрямую зависеть от квалификации работающих;
- 3) рост производительности труда должен определять рост зарплаты.

Основной задачей тарифного нормирования является рациональная организация труда работающих.

Составные элементы тарифной системы приведены ниже.

1. Единая тарифная сетка работников Республики Беларусь (ЕТС) – это утвержденная шкала, устанавливающая соотношение уровней заработной платы между рабочими различной квалификации. Она представляет собой систему тарифных разрядов и соответствующих им тарифных коэффициентов. Тарифный разряд характеризует уровень квалификации работника.

Каждому разряду присвоен определенный тарифный коэффициент, зависящий от степени сложности и точности выполнения работ, а также ответственности работника. Эти требования заложены в профессиональных тарифно-квалификационных характеристиках, предусмотренных в тарифно-квалификационных и квалификационных справочниках, утвержденных в установленном порядке.

2. Тарифная ставка  $T_{ст}$ , определяющая размер заработной платы рабочего, полагающейся ему за выполнение установленных производственных норм, соответствующих его разряду. Она бывает часовая, дневная, месячная.

Величину тарифной ставки устанавливает только правительство того государства, где введена тарифная система. Ее величина определяется условиями, в которых выполняется данная работа.

На основе норм времени и тарифных ставок устанавливают расценки для оплаты труда строительных рабочих.

3. Тарифный коэффициент – отношение часовой тарифной ставки рабочего  $i$ -го разряда к тарифной ставке рабочего 1-го разряда.

### **3. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕМОНТА ЗАКРЫТОГО ДРЕНАЖА**

#### **3.1. Условия и особенности производства работ**

Необходимость экономии всех видов ресурсов требует совершенствования организации и технологии производства работ, значительного повышения производительности труда в результате более полного использования техники и повышения технического уровня механизации работ.

Элементы закрытой дренажной системы прокладываются в различных гидрогеологических и почвогрунтовых условиях, правильный учет которых при выборе технологии и средств механизации строительства дренажа в значительной степени определяет качество дренажных работ, последующую эксплуатационную надежность и работоспособность системы в целом.

Производительность дренажных комплексов и мелиоративных машин зависит от того, как их применение увязано с физико-механическими свойствами грунтов.

Гидрогеологические условия территорий, вовлекаемых в мелиоративное освоение в гумидной зоне, отличается разнообразием и технологической сложностью при проведении мелиоративно-строительных работ. Здесь встречаются волнисто-холмистые равнины, массивы низинных и верховых болот со значительными включениями погребенной древесины. На мелиорируемых площадях с грунтово-напорным питанием имеет место высокий уровень грунтовых вод в течение почти всего года. В пределах водно-ледниковых и древнеаллювиальных минеральных грунтов в активных слоях, подлежащих разработке при дренажных работах, отмечаются значительные валунные включения.

Грунты на объектах мелиорации отличаются разнообразием и частой сменяемостью по глубине и простираю. Нередко на одной системе закрытого коллектора можно встретить 2...3 разновидности грунта: песок, торф и суглинок. Вместе с тем тип грунтов является определяющим при выборе способов защиты дрен от заиления и технологических схем строительства дренажа.

Траншеи для укладки дренажных труб устраивают в сухих или защищенных от воды грунтах. В водонасыщенных грунтах осложняется укладка труб, снижается производительность используемых траншейных экскаваторов из-за обрушения стенок траншей, возможны смещения уложенных дренажных труб.

Для однородных грунтов, обладающих трением и сцеплением, высота устойчивого вертикального откоса определяется следующим выражением (В. В. Соколовский):

$$h_{90} = \frac{2C \cos \varphi}{\rho g (1 - \sin \varphi)},$$

где  $C$  – сцепление, кПа;

$\varphi$  – угол внутреннего трения, град.;

$\rho$  – средняя плотность, г/см<sup>3</sup> или т/м<sup>3</sup>;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Средние значения сцепления для минеральных грунтов (глинистые – в мягкопластичном состоянии): глина – 20 кПа, суглинок – 15, супесь – 5, пески разной крупности – 0,5...1,0 кПа.

Исследованиями, выполненными в БелНИИМиВХ (В. Ф. Карловский, Г. В. Рудаковский), установлено, что высота вертикального устойчивого откоса в торфяных грунтах определяется выражением

$$h_{90} = \frac{2\tau_b(95 - 0,2R)}{\rho W(5 + 0,2R)},$$

где  $\tau_b$  – наиболее вероятное значения прочности торфа, соответствующее полной его влагоемкости при данной степени разложения, кПа;

$R$  – степень разложения торфа, %;

$\rho$  – средняя плотность торфа, г/см<sup>3</sup>;

$W$  – влажность торфа, при которой определяется его прочность, %.

Зависимость прочности низинного торфа от степени разложения:

$R$ , %	5...15	15...25	25...35	35...40	40...45	45...60
$\tau_b$ , кПа	11,0	13,5	16,0	14,5	14,0	13,0

Расчеты, выполненные по данной формуле, и исследования Института мелиорации показывают, что  $h_{\max}$  составляет не менее 2,5 м ( $R = 10\%$ ), 3,25 м ( $R = 30\%$ ), 2,8 м ( $R = 50\%$ ).

Для создания благоприятных условий при строительстве дренажа, прежде всего керамического, производительного использования дренажных экскаваторов на слабоосушаемых и минеральных заболоченных и периодически переувлажненных землях необходимо проектировать мероприятия по предварительному понижению уровней грунтовых и отводу поверхностных вод.

Трассы каналов предварительного осушения (КПО) должны проходить параллельно трассам закрытых коллекторов или дрен, чтобы не было пересечения. Если невозможно обойтись без пересечения трасс, то трассы следует располагать так, чтобы КПО проходили по стороне коллектора с наименьшим числом дрен. КПО разрабатывают на расстоянии 4...5 м от трассы коллектора (3 м от оси коллектора до бровки канала). Необходимо предусматривать разрывы в кавальерах. Воду из КПО отводят в открытые каналы или в готовый участок закрытого коллектора.

Разрабатывают КПО на вязких и топких грунтах одноковшовыми экскаваторами с оборудованием обратная лопата с профильным ковшом, а при достаточной проходимости и наличии – специализированными каналокопателями.

Рекомендуются следующие параметры КПО: заложение откосов – 0,5...1,5 (меньшие значения в устойчивых грунтах – суглинки, глины, большие – в неустойчивых – пльвуны, родники); глубина – на 0,2...0,3 м больше глубины коллекторов (торфяники, пльвуны) или на глубине дна коллекторов и дрен (суглинистые грунты).

Расстояние между КПО рекомендуется принимать равным 40...60 м.

Технологический перерыв между устройством КПО и укладкой дренажа – 30...40 сут. Данный способ понижения УГВ является простым и доступным, однако не везде применим, так как требуется устройство частой и глубокой сети каналов и длительного времени для понижения УГВ.

При соответствующем технико-экономическом обосновании для понижения УГВ при устройстве дренажа в песчаных грунтах могут применяться легкие иглофильтровые установки (ЛИУ-5, -6Б) – при коэффициенте фильтрации 2...40 м/сут или установки вакуумного водопонижения УВВ-2 – при коэффициенте фильтрации 0,05...1 м/сут (в отдельных случаях до 10 м/сут).

Предварительное осушение считается завершенным, если УГВ устанавливается на глубине дна закладки коллекторов и дрен и прекращается размыв дна траншей.

Строго запрещается укладывать трубы в траншеи, заполненные водой. Необходимо помнить, что дренаж будет работать хорошо, если дренажные трубы укладываются не на разжиженное дно и засыпаются сухим пахотным слоем почвы.

### 3.2. Способы и технология строительства закрытого дренажа

Известны три основных способа строительства дренажа: траншейный, узкотраншейный и бестраншейный.

**Траншейный способ** предусматривает укладку труб в заранее открытую траншею. Траншеи прокладываются экскаваторами непрерывного действия (чаще всего) или одноковшовыми (при наличии камней диаметром более 35 см или погребенной древесины, в плывунах) и при глубине укладки, недоступной для дреноукладчиков.

*Достоинства траншейного способа:* хорошие водоприемные свойства дрен; возможность визуального контроля, устранения препятствий и помех в ходе строительства дрены; возможность разделения технологических операций во времени; малая зависимость от грунтовых и других условий объекта; возможность использования легких машин различной мощности; глубина прокладки дрен практически не ограничена; имеется в наличии большое количество дреноукладчиков.

*Недостатки траншейного способа:* относительная сложность и низкая надежность машин; необходимость переработки сравнительно больших объемов грунтов ( $0,4 \dots 0,6 \text{ м}^3/\text{м}$ ); невысокая рабочая скорость, а значит, производительность траншеекопателей (в среднем  $50 \dots 60 \text{ м/ч}$  на среднесписочную машину, или  $40 \dots 45 \text{ км}$  в год); необходимость обратной засыпки траншей; на трассах дрен повреждается плодородный слой почвы ( $10 \dots 25 \%$  осушаемой площади), что приводит к снижению урожайности.

В слабоводопроницаемых грунтах требуется большой объем фильтрующих засыпок, при этом их стоимость составляет около половины стоимости строительства, учитывая значительные транспортные затраты. К тому же наблюдается недостаток средств механизации, дефицитность материалов.

**Узкотраншейный способ** предусматривает укладку труб в траншею шириной  $0,10 \dots 0,25 \text{ м}$ . При этом в определенной мере сохраняются достоинства траншейного способа и ослабляются его недостатки, однако, узкие траншеи трудно засыпать, усложняется устройство устьевых сооружений и исправление дефектов. Так, объем земляных работ сокращается на  $40 \dots 50 \%$ , на  $50 \dots 70 \%$  – объем фильтрующих засыпок, значительно меньше повреждается пахотный слой.

Особенно перспективен узкотраншейный способ в зимних условиях (при разработке мерзлых грунтов). Сокращение объемов подготовительных работ (утепление трасс, их вскрытие и разработка мерзлых грунтов специализированными машинами), составляющих значительную долю общих объемов строительства, позволяет существенно сни-

зить стоимость прокладки дренажа в зимнее время. Узкотраншейный способ применяется в грунтах без каменистых и древесных включений.

При массовом строительстве дренажа наиболее перспективен **бес-траншейный способ**. При этом резко снижаются объемы земляных работ, не требуется обратная засыпка. Главное *достоинство* – большая рабочая скорость (до 1,0...1,5 км/ч), что обеспечивает сменную выработку до 5 км и годовую – до 300 км. Исключается тяжелый физический труд, меньше объемы предварительного осушения, не требуется засыпка дренажа, нет потерь гумусового слоя, эффективно применение лазерной установки.

Применение этого способа позволяет решить проблему укладки дренажных труб при высоком уровне грунтовых вод.

*Недостатки бестраншейного способа*: пониженные водопримемные свойства дрены (можно применять в грунтах с коэффициентом фильтрации не менее 0,3 м/сут); невозможность визуального контроля и устранения повреждений дрены в ходе строительства; неудобство соединений дрен и устройство устьев; невозможность работы с включениями крупных камней и погребенной древесины; уплотнение и «зализывание» стенок щели; заиливание защитно-фильтрующего материала поверхностными мутными водами, проникающими через щель (заделка щели обработкой пахотного слоя).

Существующая рекомендация до устройства бестраншейных дрен устраивать поперечные траншеи с заполнением их фильтрующей засыпкой отличается нетехнологичностью и увеличивает потребность в ресурсах.

В случае необходимости увеличения осушительного действия бестраншейных дрен в тяжелых слабоводопроницаемых грунтах или устройства комбинированных систем подпочвенного увлажнения с осушителями-увлажнителями или скважинами-усилителями с бестраншейными дреноукладчиками может агрегатироваться специальное сменное трубоукладочное оборудование, позволяющее осуществлять укладку фильтрующих элементов одновременно с прокладкой основных дренажных трубопроводов.

Прошло производственную проверку оборудование для механизированной укладки промышленных блоков из различных материалов (вспененный полистирол, торфоблоки) с высокой водопроницаемостью, для засыпки щели песчано-гравийной смесью гумусированным грунтом.

Блоки из полистирола получают кипячением в воде исходного сырья (бисера) в специальных формах размером 15×30×50 см (рис. 3.1).

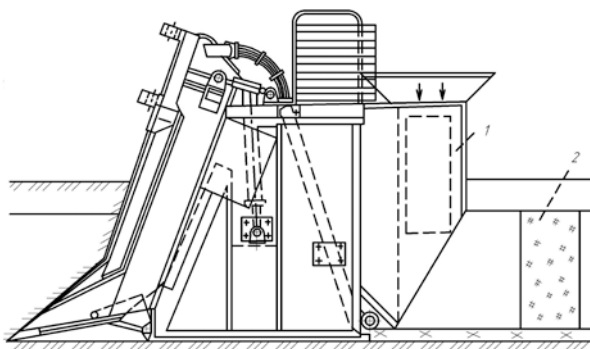


Рис. 3.1. Устройство бестраншейного дренажа с укладкой фильтрующих блоков: 1 – приставка; 2 – фильтрующий элемент

Целесообразно использовать оборудование для механизированной прокладки непрерывного фильтрующего жгута (рис. 3.2) и для внесения оструктурирующих быстротвердеющих полимеров и химмелиорантов (рис. 3.3).

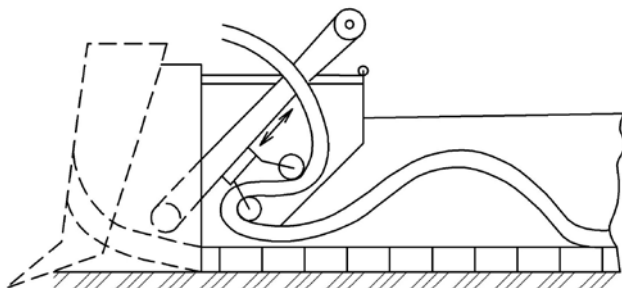


Рис. 3.2. Укладка фильтрующего жгута

Для уменьшения тяговых сопротивлений предложена технология предварительного глубокого рыхления трасс с одновременным внесением химмелиорантов, стабилизирующих структуру грунта, при этом улучшается и осушающее действие дренажа на тяжелых почвах.

Уменьшить тяговое сопротивление возможно двойным проходом дреноукладчика. Первым проходом от истока будущей дрены дреноукладчик рыхлит трассу на половину проектной глубины без укладки дренажной трубы, а вторым – укладывает дрину от ее устья к истоку.

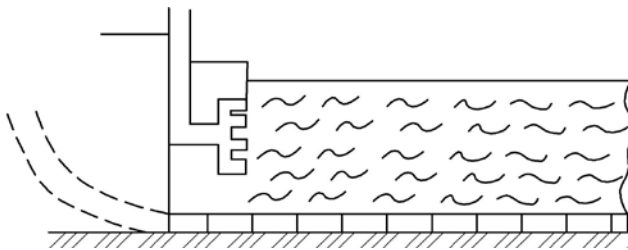


Рис. 3.3. Внесение оструктурирующих быстротвердеющих полимеров и химмелиорантов

Тяговое сопротивление дренаукладчика существенно зависит от глубины укладываемых дрен, поэтому при проектировании дренажа целесообразно придерживаться минимально допустимых значений глубины дрен, предусматривая подключение их к коллектору через вертикальный элемент – стояк.

Особенности строительства дренажа узкотраншейным и бестраншейным способами обуславливают разделение работ по укладке закрытых коллекторов и регулирующих дрен. Строительство регулирующих дрен целесообразно выполнять бестраншейными или узкотраншейными дренаукладчиками, а коллекторов – траншейными. Такое разделение имеет ряд достоинств: строительство коллекторов траншейным способом позволяет повысить их качество; широкая траншея коллектора обуславливает минимальные дополнительные затраты труда при установке смотровых колодцев, перепадов, дренажных устьев и других сооружений на дренажной сети; соединение дренажной линии с коллекторной выполняют из траншеи коллектора; укладка дренажных линий бестраншейным способом позволяет повысить производительность машин на 50...75 % и более по сравнению с траншейным.

**Строительство бестраншейного пластмассового дренажа** в зависимости от условий производства работ осуществляется в соответствии со следующими технологическими схемами (рис. 3.4).

**ТС-1.** При работе по этой схеме для заглубления рабочего органа дренаукладчика до отметок коллектора в устье дрены экскаватором многоковшовым или одноковшовым устраивается приямок (рис. 3.5) с недобором 5...10 см и ручной доработкой. Следует заметить, что устройство приямков связано с большими неудобствами и резко снижает производительность бестраншейных дренаукладчиков, которые вынужденно простаивают в период подготовительных работ.

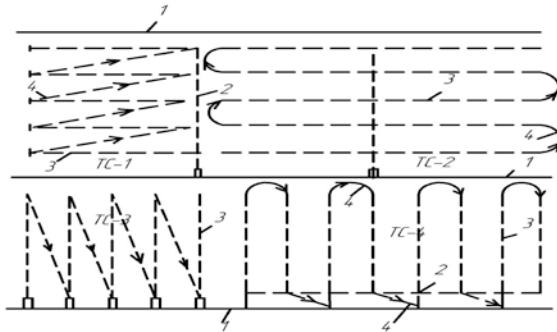


Рис. 3.4. Технологические схемы устройства закрытого дренажа:  
 1 – открытый канал; 2 – закрытый коллектор; 3 – бестраншейная дрена; 4 – холостой ход дренаукладчика

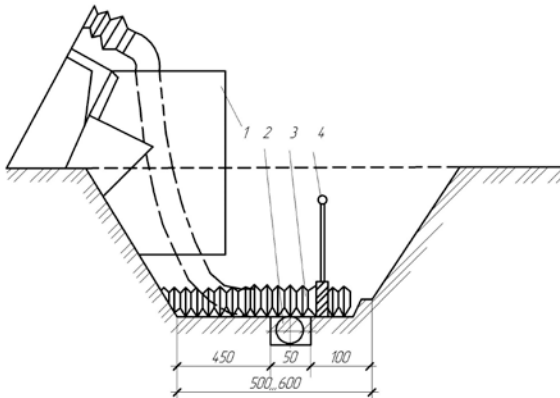


Рис. 3.5. Приямок:  
 1 – бункер дренаукладчика; 2 – коллектор;  
 3 – пластмассовая труба; 4 – прижимная вилка

Заблаговременная подготовка приямков в большинстве случаев невозможна из-за их обрушения. В результате для обслуживания одного бестраншейного дренаукладчика требуется два траншейных: один – для прокладки коллекторов, а другой – для устройства приямков. Затраты времени на устройство приямков составляют 20...35 % времени строительства всей дрены. В связи с этим предпочтительнее схема (ТС-3), при которой бестраншейная дрена непосредственно впадает в открытый канал (однако требуется большее количество устьев, что

приводит к большей длине открытой сети и увеличивает трудоемкость). Устье может быть простейшим – асбестоцементная или гладкая пластмассовая труба длиной 1,5 м с одерновкой откоса шириной до 1 м. Схема удобна в эксплуатации, так как можно наблюдать за работой каждой дрены.

**ТС-2.** В ряде производственных организаций в случае двухстороннего впадения дрен в закрытый коллектор под прямым углом применяется «глухая» прокладка дрен, если дрены укладываются до укладки коллектора при запаздывании работы по коллекторам (при этом меньше длина холостых перегонов). В этом случае укладку дрены начинают от ее истока без отрывки приямков и заканчивают в истоке противоположной дрены. Затем экскаватором-дреноукладчиком устраивается коллектор. Ковши экскаватора перерезают пластмассовые трубы в створе коллектора, которые при помощи дополнительных вставок и тройников соединяются с коллектором.

Применять эту схему следует осторожно, а именно, при отсутствии гравитационной воды в дренируемом слое, если УГВ залегает ниже коллекторов, в противном случае из-за интенсивного поступления воды в траншею невозможно осуществлять качественное присоединение дрены к коллектору; требуется особо точное выдерживание глубины дрен в створе коллектора.

Представляет интерес схема **ТС-4**, при которой бестраншейные дрены через одну укладываются от канала, а промежуточные – сопрягаются с модульным коллектором, устраиваемым после укладки дрен. Схема отличается отсутствием приямков, минимумом холостых переездов.

В зависимости от положения УГВ, устойчивости вертикальных откосов траншей, механических и физических свойств грунтов **строительство керамического дренажа** осуществляют по следующим технологическим схемам.

**ТС-1.** Применяется при УГВ ниже дна разрабатываемых траншей, когда вертикальный откос в связных грунтах находится в равновесии. После отрывки траншеи бригада трубоукладчиков может укладывать трубы в этих условиях как непосредственно вслед за экскаватором, так и раздельным способом, но без существенного разрыва между разработкой траншеи и укладкой труб. Траншейные экскаваторы можно использовать в этих условиях на повышенных скоростях, причем укладывать трубы можно как через трубоукладчик, так и без него.

**ТС-2.** Применяется при положении уровня грунтовых вод на период строительства выше дна траншей. При этом использование экскава-

торов при строительстве керамического дренажа ограничено в связи с возможным обрушением откосов и поступлением воды в траншею (обычно вода после отрывки траншеи начинает выступать со стенок и дна через 3...5 мин). В таких случаях трубы укладывают непосредственно вслед за экскаватором, не допуская разрыва между устройством траншеи и укладкой труб. Учитывая, что в процессе устройства траншей проектный уклон может быть выполнен с отклонениями, для уменьшения и исключения ручных работ по подчистке неровностей дна траншей трассы дрен тщательно планируются с удалением корней, пней, камней и других препятствий.

Стыки между трубами делают минимальными. Для этого трубы предварительно сортируют и подгоняют одну к другой. При использовании деформированных труб с косыми поверхностными торцами получают недопустимо большие зазоры. Число осороченных труб должно быть минимальным.

нсро р

Использование муфт позволяет вести укладку дренажных линий в порядке, предусмотренном схемой ТС-2. Существенно также то, что при этом возможна укладка дренажа узкотраншейным способом. Для неустойчивых грунтов разработана также конструкция дренажной плети, которая собирается из керамических труб и соединительных муфт на поверхности дренажной трассы до начала процесса разработки дренажной траншеи. Сборка дренажной линии осуществляется с помощью муфт внутренней или внешней стыковки, гибкого армирующего элемента, состоящего из металлического или капронового троса с пружинными вставками и фиксирующей арматуры.

**ТС-4.** Применяется при устройстве дренажа в пльвунах, где обычная технология невозможна. Если позволяют условия, дрены укладывают над прослойками пльвуна. В противном случае проводят предварительное осушение с понижением УГВ ниже дна дрен.

Каналы предварительного осушения выполняются в три этапа: на первом каналы устраиваются через один от проектной трассировки, на втором – через 1...2 месяца – в промежутке между ними, на третьем – еще через 1...2 месяца – углубляются каналы, выполненные на первом этапе.

После этого одноковшовым экскаватором устраивается траншея и на ее дно или на «полку» укладываются дренажные трубы. Стенки траншеи для предотвращения обрушения крепятся опалубкой из досок с распорками. Зазоры в стыках труб допускаются не более 1 мм, защищаются мхом, дерниной (травой вниз) и сверху присыпаются патотным слоем.

Для понижения УГВ в исключительных случаях можно использовать также иглофильтровые установки.

**ТС-5.** Применяется при устройстве дренажа в грунтах, засоренных камнями. По степени сложности мелиоративного строительства в зависимости от генезиса (происхождения), механического состава грунтов, закаменности, а также рельефа выделяют четыре основные категории сложности района.

На объектах I категории (при наличии камней до 5 м<sup>3</sup>/га) дренаж строят по обычной технологии.

На объектах II и III категории при наличии валунов соответственно от 5 до 25 и от 25 до 100 м<sup>3</sup>/га также используются экскаваторы-дреноукладчики. Для удаления поверхностных и скрытых камней применяют корчеватели или рыхлители.

В грунтах IV категории (включение валунов более 100 м<sup>3</sup>/га) дре-

наж строят одноковшовыми экскаваторами с укладкой труб на дно траншеи или на «полку» (в водонасыщенных грунтах). Ложе для труб следует дорабатывать вручную.

### 3.3. Производство подготовительных и транспортных работ при строительстве дренажа

Подготовка трассы включает разбивку, нивелировку и очистку трассы от лесокустарниковой растительности и камней, а при необходимости прокладку временных борозд для сброса поверхностных вод и рыхление грунта с извлечением погребенных (скрытых) камней.

При бестраншейном способе в состав подготовительных работ включается устройство приямков, предназначенных для опускания рабочего органа дреноукладчика у коллектора. Приямки устраиваются многоковшовым или одноковшовым экскаватором второго типоразмера. Более устойчивы против обрушения приямки, устраиваемые траншейным экскаватором с откосообразователем (рис. 3.6) или со ступенчатыми откосами.

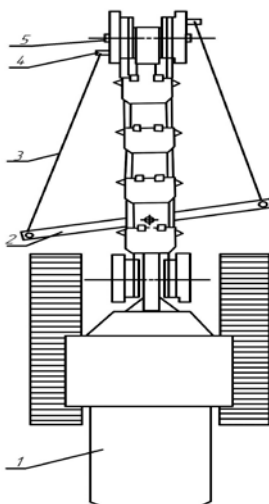


Рис. 3.6. Приспособление к дреноукладчику для устройства траншей с откосами:

- 1 – экскаватор-дреноукладчик;
- 2 – поперечный брус; 3 – цепи или тросы;
- 4 – шпильки; 5 – ось

Работы по подготовке трасс следует частично или полностью совместить с культуртехническими работами по освоению земель объекта, что позволит свести расходы на подготовку трасс к минимуму. Там, где сделать это невозможно, подготовительные работы начинают с расчистки трасс для коллекторов шириной не менее 5 м с обязательной планировкой ее поверхности бульдозером за два прохода.

Рекомендуется минимальный разрыв во времени между планировкой трасс и основными работами. В противном случае при выпадении обильных дождей трассы размокают, что отрицательно сказывается на проходимости дренаукладчиков.

По подготовленной трассе производят провешивание, разбивку пикетажа на расстоянии 1,65 м вправо от оси дрены, установку и нивелирование стоек копирного троса (рис. 3.7). Обычно стойки (упоры) выставляют через 10 м, а при уклонах более 0,007 интервал между ними допускается увеличивать до 20 м. Существенно, что трудоемкость установки копирного троса с выставлением стоек через 10 м составляет 10...12 % общей трудоемкости работ.

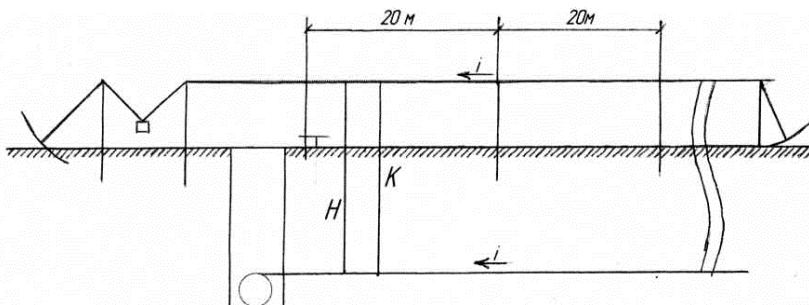


Рис. 3.7. Схема установки копирного троса дренаукладчика

Копирный трос навешивается на штативы в соответствии с заданным уклоном, натяжение его осуществляется лебедкой, грузом или другим способом. Усилие натяжения влияет на стрелу провисания троса, а в соответствии с этим – на точность поддержания уклона. Ограничивается это усилие не столько прочностью троса, сколько податливостью в грунте концевых колеи крепления.

Высота  $h$  подвеса копирного троса над точкой пикета дрены (коллектора) определяется по формуле

$$h = K - H,$$

где  $K$  – постоянная (коэффициент) дреноукладчика;

$H$  – глубина дрены (коллектора) на пикете.

Постоянная (коэффициент) дреноукладчика определяется опытным путем при устройстве трех пробных траншей различной глубины, соответствующих минимальной (1,0 м), максимальной (1,8 м) и промежуточной (~1,4 м) глубинам устройства дренажа.

Пробные траншеи прокладываются длиной 5 м без уклона, после чего нивелированием определяется расстояние по вертикали от копирного троса до дна траншеи (превышение троса над дном). Измеренное расстояние и есть величина  $K$ , причем во всех трех случаях она должна быть одинаковой. Допускается отклонение  $\Delta K = 1$  см. Большая величина отклонений говорит о необходимости регулировки системы подвески датчика уклоноуказателя.

Для уменьшения трудоемкости по подготовке технических данных и для устранения искажений уклона из-за провисания тросика целесообразно применять специальное устройство – люнет, позволяющее увеличить расстояние между стойками до 30...50 м. Применение люнета облегчает работу звена многоковшового экскаватора, не требуется сильное натяжение тросика. Однако люнет практически невозможно применять при наличии камней, так как при встрече рабочего органа с камнем трос начинает колебаться, что вызывает ошибку по глубине траншеи.

Трудоемкость работ, связанных с обеспечением регулирования планового и высотного положения рабочего органа дреноукладчика в процессе укладки, можно снизить в 2...3 раза, используя лазерные указатели уклона. При их использовании отпадает необходимость в разбивке пикетажа и нивелировании трассы.

Поясним порядок установки и настройки лазерного указателя уклона УКЛ-1 на примере устройства дрены от коллектора.

1. Определить в соответствии с планом дренажной системы место сопряжения устраиваемой дрены с готовым коллектором. Закрепить вешками смещенную (выносную) ось дрены на расстоянии 1,55 м вправо от ее проектной оси (рис. 3.8).

2. Установить светоизлучатель УКЛ-1 в соответствии с рис. 3.8.

3. Механизмом поворота излучателя вертикальную ось зрительной трубы навести на вешку 5 и зафиксировать стопором.

4. Установить фоторейку на трубку коллектора. На рейке должны быть нанесены отметки трех коэффициентов экскаватора:  $K$ ,  $K-500$ ,  $K+500$ .

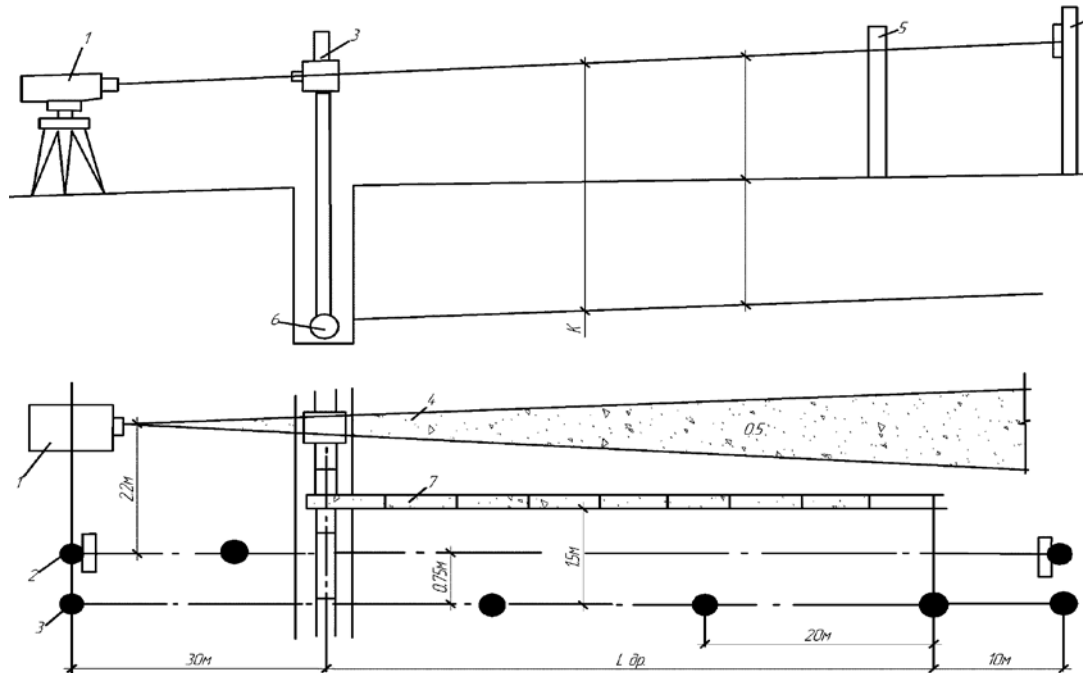


Рис. 3.8. Установка светоизлучателя:  
 1 – светоизлучатель; 2 – курсовая вежа; 3 – фоторейка; 4 – пучок лазерного излучения;  
 5 – вежа; 6 – коллектор; 7 – дрена; 8 – вежа выносной оси

Если высота светоизлучателя при наведении на фоторейку с фотоприемным устройством, установленным в положении К (постоянная экскаватора), оказывается слишком большой или, наоборот, слишком малой (неудобными для наблюдения в зрительную трубу и контроля положения пузырьков уровней), фотоприемное устройство можно установить в положение К-500 или К+500 с соответствующей перестановкой ГФЧ на раме экскаватора от среднего положения в нижнее или, наоборот, в верхнее. После этого повторно выполняют наведение светоизлучателя на фотоприемное устройство.

5. Произвести грубое горизонтирование штатива при помощи его стоек, точно – винтами треггера. Контроль выполняется по круглому уровню.

6. Регулярно проверяют значения счетчика уклона по истинному значению по нивелиру и фоторейке. При необходимости корректируют положение цилиндрического уровня.

7. Установить на счетчике механизма отсчета требуемый уклон вращением его ручки.

8. Винтом задания уклона (под задней частью датчика уклона) устанавливают пузырек цилиндрического уровня в среднее положение.

9. Штурвалом подъема штатива и поворотом излучателя наводят перекрестье зрительной трубы на блок фоторейки, чтобы горизонтальная ось совпала с центром входного окна фотоприемника (фотодиода), а вертикальная ось была смещена на 70 мм влево от центра винта крепления аккумуляторной батареи.

10. Включить светоизлучатель. На блоке фотоприемника (фоторейке) при этом должна отклоняться стрелка индикатора и периодически загораться (вспышками) светодиод.

11. Проверить положение пузырьков уровней. При необходимости поставить их в среднее положение.

12. Убрать фоторейку.

13. Установить экскаватор в начале траншеи, для чего машинист по курсовым вехам, маневрируя на заднем ходу, устанавливает экскаватор так, чтобы курсовой визир на экскаваторе расположился на одной линии с курсовыми вехами.

14. Опускают рабочий орган дренаукладчика до появления сигнала «Норма» и начинают устраивать траншею с укладкой дренажной трубы.

Контроль постоянной (коэффициента) экскаватора выполняется устройством трех пробных траншей. Для этого светоизлучатель (УКЛ-1) устанавливают в трех различных положениях по высоте.

При каждом положении светоизлучателя устанавливают фоторейку

на дно готовой траншеи и перемещают ее фотоприемник по высоте до появления вспышек фотодиода. Установленное положение соответствует величине постоянной (коэффициента) экскаватора.

При отклонении величины постоянной экскаватора на траншеях различной глубины более чем на 1,5 см регулируют систему подвески фоточувствительной головки.

В процессе строительства дренажа на объект доставляются дренажные трубы, арматура и защитно-фильтрующие материалы (ЗФМ). Анализ структуры трудовых затрат показывает, что в общем балансе трудоемкости процесса строительства дренажа немеханизированные операции составляют 30 %. Особенно высок их удельный вес в операциях, связанных с доставкой керамических дренажных труб на объект. Значительны потери труб в результате боя при транспортировке на объект. Применение технологии работ на основе контейнерной доставки дренажных керамических труб позволяет значительно сократить ручной труд, повысить производительность и снизить стоимость строительства дренажа.

Транспортировать керамические дренажные трубы целесообразно пакетами в контейнерах, а хранить их на складах в пакетах. Это позволяет не только улучшить сохранность труб при доставке их с завода на трассы дрен, но и полностью механизировать погрузочно-разгрузочные работы.

От завода-изготовителя до склада строительной организации дренажные трубы могут транспортироваться как железнодорожным, так и автомобильным транспортом по четырем основным технологическим схемам. При этом загрузка на складе завода предусматривается с помощью погрузочно-разгрузочных средств.

Керамические трубы диаметром до 125 мм включительно рекомендуется перевозить автотранспортом на расстояние не более 100 км, а диаметром свыше 125 мм – на расстояние 150 км. Для перевозки контейнеров с трубами на более дальние расстояния целесообразно использовать железнодорожные полувагоны и платформы с погрузкой контейнеров в два яруса.

Широко применяемая в практике схема транспортировки керамических дренажных труб предусматривает погрузку их на заводе-изготовителе в контейнеры, перевозку на железнодорожном или автомобильном транспорте до приобъектного склада. Перед устройством дренажа трубы на объекте развозятся на различных прицепах без контейнеров и раскладываются вручную вдоль трасс дрен. Такая технология связана со значительными простоями транспорта под погрузкой и

выгрузкой, затратами труда и потерями керамических труб из-за их боя. Неудовлетворительна конструкция контейнеров, многие из которых отличаются высокой металлоемкостью и низким коэффициентом грузоподъемности транспорта.

Эффективность контейнерной доставки труб зависит от увязки ряда сложных технологических решений. Если для завода-изготовителя целесообразно применение контейнеров большей вместимости, то непосредственно на объектах использование их строителями нерентабельно, так как требует больших трудозатрат и дополнительного ручного труда для раскладки труб вдоль трасс дрен. Вместе с тем контейнеров большой вместимости требуется меньше, что приводит к снижению удельной металлоемкости и уменьшению количества операций на погрузочно-разгрузочных работах. Например, применение контейнеров вместимостью 1000 труб позволяет снизить удельную металлоемкость на одну трубу до 52 г против 166 г для контейнеров вместимостью 300 труб. Производственный опыт свидетельствует о целесообразности применения контейнеров двух типов, обеспечивающих транспортировку труб по технологическим схемам завод – трассы дрен и завод – приобъектный склад. Для различных технологических схем могут применяться разборные контейнеры вместимостью 1000 и 300 труб диаметром 50 мм, секционные лыжи и оборудование для присоединения лыж к трактору и экскаватору.

Контейнеры представляют собой разборную конструкцию, состоящую из стенок, поддона и щитов. Поддон выполнен в виде щита из поперечных и продольных дощатых реек. Число продольных реек, концы которых выступают из-за поперечных, соответствует числу рядов труб, укладываемых в три ряда, а в контейнере вместимостью 300 труб – в два. Поддон фиксируется относительно стенок с помощью ограничителя. Стенка представляет собой раму, выполненную из уголка с приваренными к ней прутьями. Внизу стенки имеются упоры для установки поддона, а сверху между прутьями расположена петля для строповки. Сбоку стенки закреплены уголки, образующие пазы для установки щита. Собранный контейнер скрепляется сверху при помощи стяжек, закрепленных шарнирно одним концом в проушине, а другим – в замке. Поддон удерживает стенки от расхождения снизу, так как ограничители охватывают расположенные на них трубы. Сближаться стенкам не позволяют щиты, состоящие из дощатых продольных и поперечных реек, которые после установки стяжек закрепляются в пазах, образуемых уголками. Трубы и уголки ограничивают перемещение поддона в вертикальной плоскости.

Контейнеры разборной конструкции позволяют осуществлять механизированную выгрузку и пакетирование труб.

Целесообразно внедрение в практику мелиоративного строительства средств малой механизации – нормокомплектов (НК). Эффективно их применение на строительстве закрытого дренажа с относительно высоким уровнем механизации технологических операций. Состав нормокомплекта следующий: пакет металлический складной вместимостью 300 труб; пакеты деревометаллические разборные с откидными поддонами вместимостью 300 и 1000 труб; гидравлическая навеска на экскаватор-дреноукладчик; полиэтиленовые соединительные муфты (310 шт.) на 100 м дрены; гидрокран и присыпатель дрен на базе трактора класса 30 кН, коловорот, лопата, молоток.

Существуют пакеты металлические складные, которые позволяют транспортировать трубы от завода-изготовителя до траншеи без применения ручного труда и хранить их на приобъектном складе.

Погрузочно-разгрузочные операции в процессе доставки труб от завода-изготовителя до приобъектного склада осуществляются специализированными подъемными средствами – самоходным автопогрузчиком или погрузчиком-экскаватором. С приобъектного склада пакеты на транспортной тележке доставляют к устью дрен и устанавливают на гидравлические площадки, агрегируемые с экскаватором-дреноукладчиком. В рабочем положении площадка скользит по поверхности трассы, а в транспортном – ее поднимают, что не ухудшает маневренность экскаватора при переезде с дрены на дрену.

Имеющийся в нормокомплекте набор полиэтиленовых соединительных муфт позволяет надежно стыковать трубы. Рабочий, выполняющий эту операцию, находится на гидравлической площадке и подает состыкованные трубы в виде дренажной плети на спускной лоток бункера трубоукладчика. Для предварительной присыпки дрен гумусным почвогрунтом может применяться присыпатель дрен, который монтируется на тракторе класса 30 кН. Применение присыпателя позволяет высвободить рабочего.

Внедрение нормокомплектов для строительства закрытого горизонтального дренажа позволяет высвободить из каждой бригады один многоковшовый экскаватор-дреноукладчик и сократить состав бригады на 3 человека; уменьшить потери труб от боя во время их транспортировки; значительно повысить производительность труда на погрузочно-разгрузочных операциях и ежегодную выработку бригады; улучшить качество строительства и поднять культуру производства.

Транспортировка керамических труб по схеме завод – траншея предусматривает использование контейнеров вместимостью 300 труб,

рассчитанных на оптимальную длину дрены и кассет на шесть таких контейнеров. По этой технологической схеме контейнеры загружают трубами у обжиговых печей, вывозят погрузчиком на площадку заводского склада и устанавливают в кассеты. Все последующие операции до приобъектного склада осуществляются только с кассетами, это позволяет снизить простои транспорта при погрузочных операциях, грузить кассеты в железнодорожные вагоны в три яруса автомобильными или башенными кранами. После доставки кассет на станцию назначения их погружают на автотранспорт и перевозят на приобъектный склад. Размеры кассет увязаны с габаритами кузовов автомобилей.

На приобъектном складе тракторным краном из кассет извлекают контейнеры с трубами и устанавливают их в штабеля. Затем по мере надобности 5...6 контейнеров летом или 10...12 зимой устанавливают краном поштучно на секционные лыжи и формируют из них поезда в сцепке с трактором класса 30 кН. Развозят контейнеры по объекту после разбивки и закрепления на местности осей осушителей и коллекторов. Каждую лыжу с контейнером отцепляют последовательно и устанавливают в устье коллектора или осушителя в 1,4 м от оси (справа по ходу экскаватора). В случае большой длины коллектора или осушителя на его трассе устанавливают несколько контейнеров.

Контейнеры с трубами вдоль оси дрены перемещают с помощью дренажных экскаваторов, оснащенных прицепным устройством с гибкими тягами, регулируемыми по длине. Экскаватор устанавливают по оси дрен так, чтобы контейнер находился между его ходовой частью (правой гусеницей) и осью копирного троса. После заглупления рабочего органа и соединения элементов осушительной сети на контейнере устанавливают съемные подмости, а к лыже прикрепляют тяговый оголовок и соединяют его гибкими тягами с экскаватором. При дальнейшем движении экскаватора контейнер, установленный на лыже, смещается в колею гусеницы и двигается вслед за ней рядом со спускным лотком дренаукладчика. При этом дренажные трубы подаются непосредственно из контейнера в спусковой лоток.

Порожние контейнеры формируют в поезд и транспортируют для повторной загрузки на приобъектном складе или отправки на завод-изготовитель. Применение описанной технологии и оборудования для транспортировки дренажных труб позволяет снизить затраты труда.

Дренажные трубы и арматура из полимерных материалов более удобны при транспортировке, они легкие, не повреждаются, допускаются меньше отходов. Складываются на объекте строительства на настилы (деревянные стеллажи, соломенные маты). Высота штабеля

должна быть не более 2 м. Сверху штабель прикрывают брезентом, соломой, ветками для защиты от атмосферных воздействий. Места складирования размещают не ближе 50 м от заправочных пунктов топливо-смазочных материалов.

### 3.4. Производство основных работ

Основные работы при устройстве дренажа включают: устройство траншей (прокладку щелей); укладку труб; защиту их от заиления; присыпку уложенных труб грунтом; проверку уложенных дрен; окончательную засыпку траншей.

В первую очередь начинают устраивать основные коллекторы – от канала к истоку (прежде всего, устанавливают устья), затем боковые коллекторы от основных, дрены от коллекторов. В начале устройства боковых коллекторов и дрен выполняют сопряжения. Отверстия в уложенных трубах коллекторов делают коловоротом или в керамических трубах пробивают специальным молотком. Одна его сторона коническая, другая клиновидная – конической прибивается отверстие, клиновидной выравниваются края. Первую трубу со специальным отверстием и закрытым торцом присоединяют с помощью пластмассовой муфты-фиксатора.

Если коллекторная труба для устройства отверстия не вынимается (отверстие устраивается в уложенной трубе), труба очищается от осколков специальной ложечкой. Узел соединения обкладывается бочком керамических труб, а в местах, где грунт разжиженный и возможна просадка, подкладывают под трубы с плотной утрамбовкой камни или другие материалы.

Керамические трубы в траншею опускают по лотку бункера (для ЭТЦ-2011А – диаметром до 150 мм). Рабочий-монтажник, находясь в бункере, поворачивает дренажные трубы вокруг оси, поправляя, приспособляя и прижимая одну к другой, чтобы зазор был минимальным.

При использовании пластмассовых водоприемно-соединительных муфт или пластмассовых труб исключаются необходимость поправки труб на дне траншеи и, следовательно, трудные условия работы трубоукладчика.

Пластмассовые трубы укладываются как бестраншейным, так и траншейным способом. При этом бухта трубы, защищенной фильтрующим материалом, устанавливается на барабан, труба пропускается через направляющие кольца с выпуском из трубоукладчика на длину

0,5...1,0 м и закоривается прижимной вилкой. После укладки 8...10 м дрены на дно щели или траншеи выполняют ее сопряжение с коллектором посредством пластмассового тройника или через керамическую трубу, изолируют ЗФМ и засыпают место соединения растительным грунтом слоем 0,2 м.

В процессе укладки пластмассовой дрены труба прижимается к дну щели или траншеи специальным роликом, установленным в трубоукладчике (рис. 3.9).

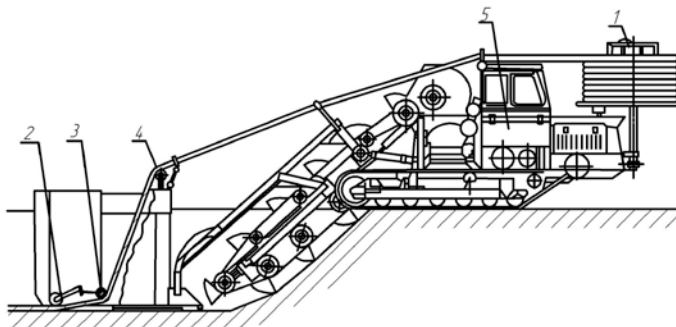


Рис. 3.9. Комплект приспособлений к дреноукладчику для укладки пластмассовых труб:  
1 – барабан; 2 – прижимной ролик; 3, 4 – направляющие ролики;  
5 – экскаватор-дреноукладчик

При приближении к истоку дрены труба обрезается, свободный торец закрывается заглушкой. Допускается перегиб конца трубы и обвязка мягкой проволокой.

В легких (песчаных и супесчаных) и пылеватых грунтах для предотвращения заиливания труб пылевыми частицами их защищают стеклохолстом по схеме, предусмотренной проектом (две ленты, одна лента «чулок», подстилочная лента и полоски на стыки и т. д.).

Стеклохолст имеет ряд недостатков: со временем уменьшается его фильтрующая способность, при обкладке он пылит. Поэтому возможно использование фильтрующего материала, изготовленного из остатков синтетического волокна.

Защита от химического и биологического заиливания осуществляется обработкой защитно-фильтрующего материала ингибиторами или добавкой их в околodrенный грунт. В этом случае дрены укладывают на водонепроницаемую или обработанную ингибиторами подстилочную ленту и присыпают сначала слоем грунта толщиной 15...20 см, а затем смесью грунта с ингибитором (известь, гипс, медный огарок). Для это-

го ингибитор в пылевидном или жидком виде вносят в грунт кавальера со стороны внутреннего откоса с помощью механизмов, применяемых при известковании и удобрении полей.

**Присыпка уложенных труб.** Уложенные трубы присыпают пахотным слоем почвы толщиной не менее 20 см. Пахотный слой увеличивает поглощающую способность дрен, предохраняет трубы от заиления и предотвращает повреждения труб при засыпке. На присыпку труб расходуют значительный объем пахотного слоя почвы – примерно 60 м<sup>3</sup>/га. Столько же перемешивается с подпахотным слоем при разработке траншей. Однако заменять пахотную почву другим материалом невозможно, так как это ухудшит работу дренажа.

Присыпка осуществляется присыпателями на базе бульдозеров или приспособлением к дреноукладчику. Этот же бульдозер можно использовать для планировки трасс и засыпки траншей.

При строительстве дренажа в тяжелых грунтах обычно для обеспечения связи дрен с пахотным горизонтом проектом предусматривается устройство различных фильтрующих элементов или засыпки траншей материалом с высоким коэффициентом фильтрации – песчано-гравийной смесью, щебнем, шлаком, керамзитом, древесной щепой и т. д., причем наибольший эффект достигается при заполнении траншеи до пахотного горизонта, что требует больших затрат ресурсов.

Объем засыпки может быть уменьшен при использовании кассет из прямоугольных бездонных труб, устанавливаемых в траншею с уложенной дренажной трубой (рис. 3.10). Трубы изготовлены из тонколистовой нержавеющей стали, снабжены ручками, в нижней части имеют вырезы под дренажную трубу.

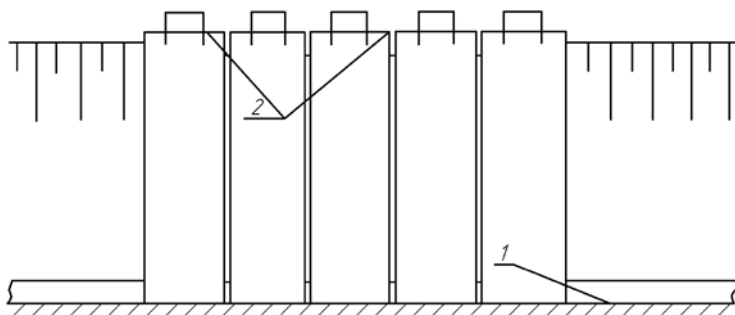


Рис. 3.10. Установка кассет в траншее:  
1 – дрена (коллектор); 2 – кассета прямоугольных труб

В устойчивых грунтах трубы устанавливают в траншею вслед за дренажником, а в легкообрушающихся – из его бункера, действуют они как опалубка. Засыпка фильтрующего материала в трубы осуществляется вручную или другим способом в зависимости от наличия соответствующего оборудования. После засыпки кассеты извлекаются из траншеи.

Представляет интерес другое решение этой проблемы. Его сущность заключается в следующем. Уложенная дренажная труба присыпается слоем 10...15 см песчано-гравийной смесью или другим аналогичным материалом (рис. 3.11). Далее бульдозер грунтом из кавальера присыпает траншею с разрывами на определенном расстоянии, в траншею из прицепа, оборудованного транспортером, отсыпается фильтрующий материал. Слой отсыпки при этом имеет волнообразное очертание, после чего траншея окончательно засыпается.

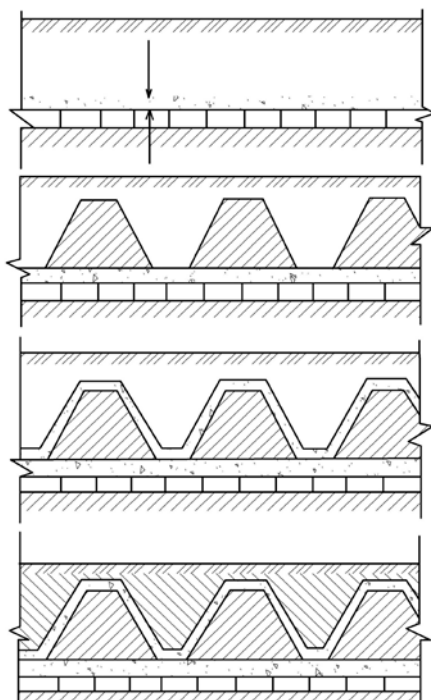


Рис. 3.11. Схема засыпки песчано-гравийной смеси в дренажную траншею

В рассматриваемых условиях возможен еще один путь. По трассе будущей дрены отсыпается слой фильтрующего материала. При устройстве дренажной траншеи он смешивается с грунтом выемки и отсыпается в отвал, а при засыпке – оказывается в засыпанной траншее. Эффективность работы дренажа также может быть повышена отсыпкой фильтрующего материала на уложенные дренажные трубы перед обратной засыпкой траншеи.

**Засыпка траншей.** После присыпки дрен и проведения контрольно-приемочных испытаний траншеи засыпают универсальным бульдозером за один или два прохода от верховья к устью не позже трех дней после укладки труб. Учитывая последующую осадку грунта над траншеей оставляют резервный валик высотой 0,2...0,3 м.

Строительство закрытого дренажа – один из трудоемких и маломеханизированных видов работ, при котором многие операции еще выполняются вручную. Поэтому целесообразно использовать наборы специализированных инструментов и приспособлений – нормокомплекты.

Существуют нормокомплекты для механизированного обертывания керамических и пластмассовых труб защитно-фильтрующим материалом с последующей присыпкой их слоем измельченного гумусированного грунта. Состоит комплект из размоточного устройства, обертывателей дренажных труб диаметром 50 и 75 мм и присыпателя дрен. Размоточное устройство представляет собой защитный кожух, внутри которого расположена катушка с рулоном ЗФМ. Применение такого нормокомплекта позволяет механизировать процесс защиты дрен от заиления и улучшить качество их укладки, на 20 % снизить расход ЗФМ, увеличить производительность дреноукладочного агрегата, улучшить условия труда.

Выработка дреноукладчика увеличивается на 15...20 % и составляет 100...125 м/ч.

Другой нормокомплект состоит из четырех наборов инструмента и приспособлений: Н-1 для звена по выносу проекта в натуру; Н-2 для звена по доставке дренажных материалов; Н-3 для рабочих трубоукладчиков (для труб керамических диаметром до 250 мм); Н-4 для транспортировки, хранения и эксплуатации средств и приспособлений, входящих в нормокомплект. Весь нормокомплект размещается в унифицированном вагоне, являющимся частью набора Н-4 с электрическим отоплением и освещением с питанием от внешней сети 220 В. Нормокомплект для одной бригады дреноукладчика снижает трудоемкость, облегчает условия и повышает качество.

### 3.5. Технология ремонтных и эксплуатационных работ

Ремонт закрытого дренажа приходится выполнять при необходимости очистки его от наносов и корней растений, при повреждении дренажных труб, устьев, смотровых и поглощающих колодцев. К ремонту дренажа можно приступать после ремонта открытых собирателей, освобождая устья от подпора воды, затем ремонтируют смотровые и поглощающие колодцы, после чего ремонтируют дренажные линии.

На подготовительном этапе выполняют поиск и трассировку на местности дренажных линий. Для этого используется картографический материал и имеющиеся сооружения – устья коллекторов, смотровые и поглотительные колодцы. В случае если дренажные устья не сохранились, занесены наносами, заросли травой, их местонахождение устанавливают по косвенным признакам – выклиниванию воды на откосе канала, наличию на откосе промоин, понижений, отложений железистых соединений и др.

При наличии картографического исполнительного материала по углу, измеренному на исполнительном (проектном) плане между коллектором и каналом, а также, ориентируясь по смотровым и поглотительным колодцам, определяют предполагаемую трассу коллектора и закрепляют ее вешками.

Кроме того, трассы дренажных водотоков можно отыскать по материалам аэрофотосъемки – полосы поверхности почвы, прилегающие к закрытому коллектору, на снимке отмечаются более светлым оттенком, отыскиваемая дренажная линия проходит по центру светлой полосы.

Существенно также, что над коллектором почва более сухая, наблюдается выраженный микрорельеф с линейными впадинами, возможными промоинами. Дренажная засыпка в сравнении с естественным грунтом имеет меньшую плотность, что можно обнаружить шупом. Положение закрытых дрен определяют по расстоянию первой дрены от канала и междренним расстоянием.

Положение трасс дрены и коллекторов уточняется устройством поисковых траншей в верхних дренажных линиях поперек их предполагаемых осей. Поисковые траншеи прокладываются одноковшовым или многоковшовым экскаватором на глубину, меньшую глубины дрены во избежание повреждения дренажных труб. По длине поисковой траншеи анализируется однородность грунта, выявляется возможное наличие осколков керамических труб и другие характерные признаки. Точное положение дренажной линии устанавливается зондированием шупом вдоль поисковой траншеи.

По результатам обследования составляют схему закрытой сети, включающую все элементы – открытые каналы, устья, коллекторы, дрена, смотровые и поглощительные колодцы, другие сооружения и коммуникации.

Существуют многочисленные способы и приборы обнаружения мест повреждений трубопроводов, в том числе и дренажных линий, однако их практическое применение при ремонте дренажа ограничено, во-первых, их сложностью, во-вторых, не всегда востребованностью в применении. Так, если при промывке дренажной линии встречается непреодолимое препятствие, место его расположения определяется по длине промывочного шланга, находящегося в этот момент в дрене (коллекторе).

Основной этап предусматривает промывку дренажных линий, ликвидацию их повреждений.

Технологический процесс очистки закрытых водотоков начинают из устья коллектора и постепенно передвигаются к его истоку. При промывке дренажных коллекторов диаметром 150 мм и более и незначительном заилинии (до  $\frac{1}{3}$  сечения) промывку можно вести сверху вниз.

Для ведения работ дренапромывочную машину устанавливают на противоположной от устья стороне канала так, чтобы барабан со шлангом располагался в створе коллектора (рис. 3.12). Разматывая шланг с барабана, вводят промывочную головку со шлангом в полость коллектора и под напором подают воду. Под действием реактивной силы струи воды промывочная головка со шлангом продвигается вперед, размывая отложения в коллекторе, которые в смеси с водой стекают в сторону устья. При необходимости рабочий подталкивает шланг, помогая продвижению промывочной головки по коллектору. При остановке головки (встреча с препятствием) шланг следует оттянуть назад и снова проталкивать вперед, повторяя эту процедуру до ликвидации препятствия.

Если препятствие непреодолимо, шланг извлекают из коллектора и ориентируясь по меткам на нем, определяют место расположения препятствия на местности и, вскрыв коллектор, извлекают несколько дренажных труб и устанавливают причину остановки при промывке. Закупоренные отложениями или корневищами трубы очищают и укладывают на место. Разрушенные трубы заменяют новыми, а сдвинутые – поправляют, после чего стыки защищают фильтрующим материалом и присыпают трубы грунтом вручную слоем 0,10...0,15 м, после чего продолжают промывку.

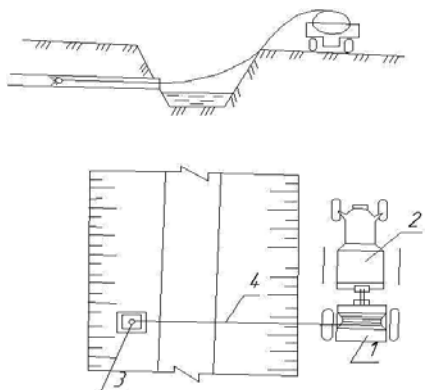


Рис. 3.12. Схема промывки закрытого коллектора:  
 1 – дренапромывочная машина; 2 – трактор;  
 3 – устье; 4 – напорный шланг

Если длина коллектора больше длины шланга, дальнейшую промывку выполняют следующим образом.

В конце промытого участка на трассе коллектора отрывают шурф длиной 1,5...2,0 м шириной 1,0 м, с недобором до труб 5...10 см, а рядом с ним – приямок с заглублением на 0,5 м относительно коллектора (рис. 3.13). Вынимают 2...3 трубки, торец промытой части коллектора защищают сеткой с ячейками не более 5×5 мм. Дренапромывочную машину устанавливают у шурфа так, чтобы ось барабана была перпендикулярна направлению коллектора, и продолжают промывку в порядке, аналогичном описанному.

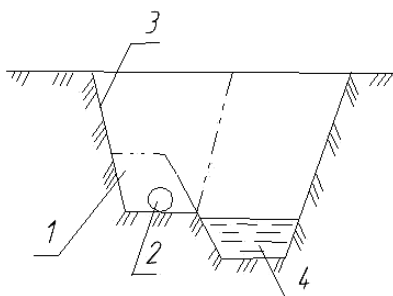


Рис. 3.13. Схема устройства шурфа для промывки закрытых коллекторов (дрен):  
 1 – ручная доработка; 2 – коллектор;  
 3 – шурф; 4 – приямок-отстойник

Продукты промывки собираются в приемке, частично осветленная вода через сетку уходит в промытый ранее участок коллектора. Возможно удаление воды из приемка-отстойника откачкой насосом. В таком случае вместо сетки торец промытого ранее участка коллектора закрывают пробкой (заглушкой). Восстанавливают коллектор укладкой ранее извлеченных труб на искусственное уплотненное основание из песка или гравия, а в случае неустойчивого грунта – на деревянные стеллажи.

Регулирующие дрены промывают в аналогичном порядке, начиная от мест сопряжения дрен с коллектором.

Очистка сооружений на закрытых системах – колодцах смотровых, поглотительных и др. – осуществляется механизированным или полумеханизированным способом.

Существуют машины и технологии, основанные на размыве и завихрении гидросмеси (вода и грунтовый осадок) в колодце потоком воды, подаваемой в сооружение. Гидросмесь отсасывается из колодца и отстаивается в специальной емкости, откуда осветленная вода направляется для повторного использования.

Если к очищаемому колодцу примыкают коллекторы, перед промывкой колодца их закрывают заглушками во избежание заилиenia.

### **3.6. Контроль качества дренажных работ**

При строительстве и ремонте дренажных систем контролируют качество строительства и рабочие (технологические) процессы. В практике строительства дренажных систем используются карты операционного контроля качества работ. Они предназначены для работников строительных организаций и являются пособием для осуществления контроля качества работ в процессе их выполнения. При оценке качества дренажных работ контролируют: прямолинейность и параллельность дренажных линий; глубину заложения дрен; минимальный уклон дрен; отметки выполненного дна траншеи (верха труб); зазоры в стыках труб (при устройстве керамического дренажа без ЗФМ) и взаимное смещение труб; переход коллекторов и дрен от одного диаметра к другому; сопряжение дрен с коллектором; защиту дрен от заилиenia; соединение дренажных линий с открытым каналом; смотровые колодцы.

В процессе производства работ необходимо вести периодический контроль за соблюдением следующих требований: уклон дрены при укладке должен проверяться через каждые 10 м; отклонение исполнительных отметок верха дренажных труб на целых и плюсовых пикетах

через каждые 50 м от проектных допускается не более  $\pm 3$  см; в пределах 50-метрового отрезка дрена допускается один 10-метровый участок, уложенный с нулевым уклоном, при условии, что остальные имеют положительный уклон; внутри каждого 10-метрового участка не должно быть видимых отклонений труб от прямолинейного расположения.

Критериями оценки качества работ являются требования по прямолинейности и параллельности дренажных линий:

- дрена в плане должна быть прямолинейной. Как исключение допускается отклонение при обходе валунов, при этом минимальный радиус равен 2 м;

- отклонения оси дрен не должны превышать 1 м (оценка удовлетворительно);

- отклонение расстояний между дренами от проектного должно быть не более 1 м.

Требования по глубине заложения дрен:

- местные переуглубления дна траншеи (на участках длиной не более 10 м при сохранении общего уклона) для труб диаметром:

  - 50 мм – до 15 мм;

  - 75...125 мм – до 20 мм;

  - 150...250 мм – до 30 мм.

Минимальный уклон дрен замеряется рейкой от копирного троса через каждые 10 м нивелированием: для минеральных грунтов и торфяников – не менее 0,002; для плавучих и илистых грунтов – не менее 0,005; длина безуклонных участков – не более 10 м (в пределах 50-метрового участка).

Отметки дна траншей (верха труб) снимаются нивелиром и рейкой через каждые 2...3 м: для коллекторов –  $\pm 3$  см, для дрен –  $\pm 1,5$  см.

Зазоры в стыках труб (керамический дренаж без ЗФМ) и взаимное смещение труб (замеры выполняются щупом) – не более 2 мм. Взаимное смещение – не более  $\frac{1}{3}$  толщины стенок труб.

Требования к переходу коллекторов и дрен от одного диаметра к другому: при использовании готовых переходных деталей или подгонке труб смежных диаметров конец одной трубы должен входить в конец другой не менее чем на 5 см.

Место соединения обертывается вкруговую рулонным ЗФМ.

Требования к сопряжению дрен с коллектором (выполняется замером щупом): размер отверстий в трубах коллектора должен быть не менее 0,8 внутреннего диаметра присоединяемой дренажной трубы. Зазоры в соединениях не должны превышать 1,5 мм. Места сопряже-

ний должны быть защищены ЗФМ и засыпаны (с трамбованием) слоем грунта толщиной не менее 30 см.

Соединение дренажных линий с открытыми каналами (устье) выполняется с соблюдением следующих требований: отклонение продольной оси блока устья от оси дренажной линии должно быть не более 4 см, отклонение отметки устья –  $\pm 3$  см; блоки должны быть уложены на хорошо утрамбованную гравийную подготовку, толщина слоя которой должна отклоняться от проектной не более чем на 2 см; дренажная труба должна входить в блок не менее чем на 10 см; стык заделывается цементным раствором. Устье заглубляют в откос открытого канала не менее чем на 20 см.

Смотровой колодец должен возводиться с соблюдением следующих требований. Днище колодца должно быть уложено на гравийную подготовку толщиной 10 см. Максимальное отклонение отметок от проектных (определяется нивелированием): дна колодца –  $\pm 5$  см; низа входящих дрен –  $\pm 1,5$  см; низа коллекторов –  $\pm 3$  см. Кольца в стыках должны плотно прилегать друг к другу и устанавливаться на цементный раствор. Смещение колец в стыках допускается не более  $\frac{1}{3}$  толщины стенки кольца.

После укладки дрен проводят контрольную нивелировку по верху труб. Окончательное решение о качестве продольного профиля построенной дрены принимают после сопоставления проектных и фактических отметок.

Перед засыпкой траншей представитель технического надзора проверяет качество строительства. В процессе строительства дренажа ведут полевой журнал. В нем делают записи о разрешении технадзора на окончательную засыпку. По окончании строительства составляют акт на скрытые работы, который подписывает мастер, начальник участка (прораб), представитель заказчика и утверждает главный инженер.

## **4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА КУЛЬТУРТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ**

### **4.1. Характеристика условий производства работ**

Культуртехнические работы – комплекс мелиоративных мероприятий по удалению с поверхности и из обрабатываемого слоя почвы древесной растительности, пней, погребенной древесины, камней, кочек, мохового очеса, остатков старых сооружений, ликвидации мелкоконтурности, неправильной (неудобной для обработки) конфигурации угодий, первичной обработке почвы, планировке и выравниванию поверхности.

Объектами для проведения культуртехнических работ являются осушаемые и не требующие осушения земли, поверхность которых покрыта древесно-кустарниковой растительностью (ДКР), пнями и кочками, а почва засорена камнями или древесными остатками.

Для закустаренных земель, подлежащих освоению, характерно большое разнообразие древесно-кустарниковой растительности как по видовому составу, так и по густоте стояния стволов и их размерам (диаметру и высоте).

По технологическим свойствам ДКР подразделяется на мягкие, средние и твердые породы. К мягким породам относятся осина, сосна; к средним – ольха, береза, ель; к твердым – дуб, клен, ясень. Твердость древесной породы учитывается при выполнении работ кусторезами. При расчистке площадей от ДКР корчевателями учитывают характер произрастания стволов (одностовольный или гнездовой), покрытие площадей кустами (куртинное или сплошное), следует принимать во внимание также характер корневой системы. На осваиваемых избыточно увлажненных землях чаще всего растут кустарники с разветвленной корневой системой (ива, осина, ольха), на суходольных – породы с мощными стержневыми и боковыми корнями (дуб, сосна, ель и др.).

На избыточно увлажненных почвах встречаются ольховые заросли кустарника с мощными корневыми кочками – коблами, которые иногда достигают в диаметре 1 м. Корневая система кустарника обычно располагается на глубине 0,15...0,30 м, а мелкоколосья – до 0,40 м.

Лесные вырубки, подлежащие освоению, характеризуются давностью рубки, количеством пней на 1 га и диаметром их по срезу. Пни с диаметром 0,12...0,23 м относятся к мелким, с диаметром 0,24...0,33 м – к средним, все остальные – к крупным.

Торфяно-болотные почвы осваиваемых объектов обычно бывают засорены древесными включениями (несгнившими пнями, частями стволов и корней). Засоренность почв погребенной древесиной характеризуется пнистостью, которая выражается в процентном содержании объема древесины к объему вспаханного слоя почвы. При содержании погребенной древесины до 0,5% почва считается слабозасоренной, от 0,5 до 2,0 % – среднезасоренной.

Одновременно с закустаренными объектами встречаются сильно закокшаренные площади, покрытые земляными и растительными кочками (осоковыми, щучковыми и моховыми). По высоте кочки разделяют на мелкие (до 0,25 м), средние (0,25...0,50 м) и большие (свыше 0,50 м). Диаметр землянистых кочек обычно находится в пределах 0,3...0,8 м, высота их достигает 0,3 м. Высота растительных кочек со-

ставляет 0,2...0,7 м, диаметр – 0,5 м и более. Растительные кочки чаще всего встречаются на низинных лугах и болотах, землянистые – на суходольных лугах и пастбищах.

При оценке кочковатости осваиваемого объекта учитывается также количество кочек на 1 га и степень покрытия ими площади.

Засоренность почв камнями (степень каменистости) характеризуется количеством камней, приходящихся на 1 га площади. Исчисляется степень каменистости в объемных ( $\text{м}^3/\text{га}$ ) или массовых ( $\text{т}/\text{га}$ ) единицах. При этом учитываются как поверхностные, так и лежащие в пахотном слое (до 0,3 м) камни. Важным показателем засоренности почв является средний диаметр камней, встречающихся на осваиваемом объекте. По размерам среднего диаметра камни подразделяются на очень крупные (валуны диаметром более 2 м), крупные (0,6...2,0 м), средние (0,3...0,6 м) и мелкие (0,03...0,30 м), а по месту расположения – на поверхностные, полускрытые и скрытые. От размеров камней, глубины их залегания и степени засоренности почвы зависят технология и механизация работ по уборке камней.

#### **4.2. Технология расчистки мелиорируемых земель от ДКР, пней и погребенной древесины**

Расчистка земель от кустарника и мелколесья производится следующими способами:

- раздельное удаление кустарника и мелколесья;
- корчевка кустарника и мелколесья вместе с корнями;
- фрезерование кустарника или пней;
- запашка кустарника.

##### ***Раздельное удаление кустарника и мелколесья.***

Раздельное удаление надземной и корневой части кустарника и мелколесья проводится при наличии на поверхности камней не более  $50 \text{ м}^3/\text{га}$ .

Основные технологические операции включают:

- срезку кустарника и мелколесья;
- сгребание и утилизацию (или сжигание) срезанной древесины (в соответствии с проектом);
- корчевку пней и корней;
- перетряхивание и сгребание пней и корней в кучи;
- погрузку, транспортировку и разгрузку пней и корней;
- формирование куч из пней и корней, их сжигание (в соответствии с проектом).

### **Срезка кустарника и мелколесья.**

Срезку кустарника и мелколесья машинами с пассивными рабочими органами производят в зимний период при промерзании почвы на глубину не менее 15 см и мощности снегового покрова до 50 см. Для срезки кустарника и мелколесья на равнинных участках при наличии поверхностных камней до  $15 \text{ м}^3/\text{га}$  применяют кусторезы. При количестве поверхностных камней более  $15 \text{ м}^3/\text{га}$  или пней старой вырубки более 50 шт/га, а также при неровном рельефе для срезки можно использовать бульдозеры. На участках, имеющих уклон  $8...12^\circ$ , срезку следует производить поперек склона.

При работе пассивных кусторезов используют следующие схемы движения: спиральную, всвал, челночную и загонную (рис. 4.1).

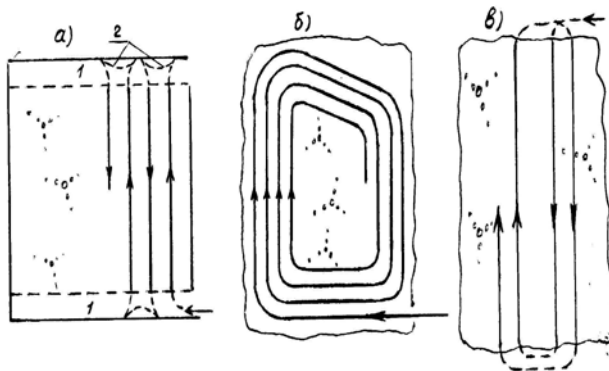


Рис. 4.1. Схемы работы кусторезов: а – челночная; б – спиральная; в – загонная; 1 – поворотные полосы; 2 – задний ход на повороте

Спиральная схема движения кустореза применяется на участках неправильной формы при равнинном рельефе. В этом случае кусторез движется по периметру закустаренного контура, который по мере продвижения машины приобретает овальную форму.

Для работы по схеме в отвал покрытая кустарником площадь визуально разбивается на загоны шириной до 50...60 м. Направления длинных сторон загонов должны совпадать с направлением длинных сторон очищаемого участка. Работа кустореза начинается с первого прохода по середине загона с выходом на чистую от растительности короткую сторону расчищаемого контура. На краю загона кусторез разворачивается и делает второй проход рядом с первым. На другом краю

агрегат снова разворачивается и выходит на вторую сторону первого прохода. Таким образом, этот процесс повторяется до полной расчистки участка.

Челночная схема рекомендуется на участках с большими уклонами поверхности (15...20° и более). Рабочие проходы кустореза целесообразно выполнять вдоль длинной стороны осваиваемого участка, но, как правило, поперек уклона или под небольшим острым углом к нему. При срезке кустарника на небольших участках, имеющих ширину поперек уклона не более 30...40 м, кусторез может не разворачиваться в конце загона, а перемещаться в исходное для работы положение задним ходом.

Загонную схему движения кустореза рекомендуется применять при освоении объектов, имеющих контуры, покрытые древесной растительностью шириной кратной 80...100 м.

Участок, покрытый кустарником, разбивается на загоны шириной до 20...25 м и длиной, равной большей стороне участка.

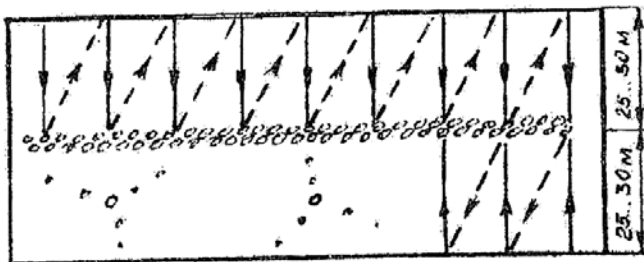
Работа кустореза по данной схеме предусматривает срезку растительности только по длинной стороне загона с выходом на чистую от кустарника полосу разворота. Развернувшись на 90°, агрегат переходит к третьему загону, где поворачивается еще на 90° и движется в направлении обратном предыдущему ходу.

В результате движения кустореза по данной схеме срезанный кустарник укладывается на первых двух загонах в одном направлении, а на двух других – в другом. Такое расположение древесной растительности облегчает последующую работу по сгребанию ее в валы.

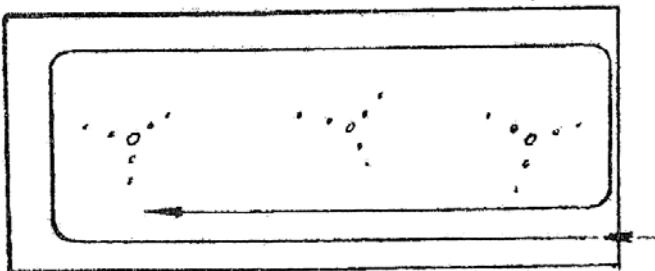
На участках с количеством валунов 10 м<sup>3</sup> и более на одном гектаре, где практически невозможно применение кусторезов в зимнее время, валку и срезку кустарника и мелкоколесья с одновременным сгребанием срезанной массы рекомендуется производить бульдозером. Работы следует начинать при промерзании минеральных грунтов на 20 см, торфяных – на 25 см при толщине снежного покрова до 50 см. Использование бульдозеров при большей толщине снега экономически невыгодно в связи со снижением производительности машин.

До начала работы участок разбивают на загоны шириной по 50...60 м. Срезку кустарника и мелкоколесья бульдозерами производят по двум схемам (рис. 4.2): челночной (с одновременным сгребанием) и спиральной (без сгребания).

Челночную схему срезки с одновременным сгребанием применяют при использовании бульдозера с неповоротным отвалом. Вся срезанная масса при этом перемещается бульдозером впереди себя.



a



б

Рис. 4.2. Схемы работы бульдозеров при срезке кустарника:  
a – челночная; б – спиральная

При использовании универсальных бульдозеров (с поворотным отвалом) на ровных участках целесообразно применять спиральную схему. В этом случае срезанная масса сдвигается по отвалу в сторону, что исключает вдавливание срезанных стволов в снег.

Высота срезки кустарника и мелколеся кусторезами и бульдозерами допускается не более 10 см, полнота срезки – не менее 95 %.

#### ***Сгребание срезанной ДКР.***

Древесная масса сгребается сразу же после срезки. Технологический перерыв в зимних условиях не должен превышать 3 дней. Сгребание производится корчевателем-собирателем с уширенным отвалом.

Выбор способа сгребания кустарника в валы или кучи зависит от схемы работы кустореза. При срезке образуются валки снега, в которых находятся стволы древесной растительности. Наиболее качественное сгребание (наименьшее количество снега в древесной массе) получается в тех случаях, когда агрегат движется вдоль валка.

При мощности снежного покрова до 20 см срезанную древесную растительность сгребают в любом направлении: поперек, под углом или по ходу движения кустореза. При большей мощности сгребание следует производить вдоль валков, образованных кусторезом.

Валы целесообразно располагать вдоль склонов и через 50...20 м оставлять разрывы в них длиной 15...20 м для проезда техники.

Длину расчищенной полосы за один проход устанавливают в зависимости от мощности снежного покрова, высоты и густоты кустарника. При густом кустарнике длина гона не должна превышать 15 м, при среднем и редком – 20...25 м.

При сгребании срезанного кустарника применяются следующие способы: челночный без поворотов на концах гона; челночный с поворотами на концах гона; с разгрузкой в боковую сторону; челночный с укладкой в два вала; сгребание с укладкой в кучи. При использовании всех способов сгребания, кроме последнего, образуются валы собранной массы, из которых затем формируются кучи (рис. 4.3).

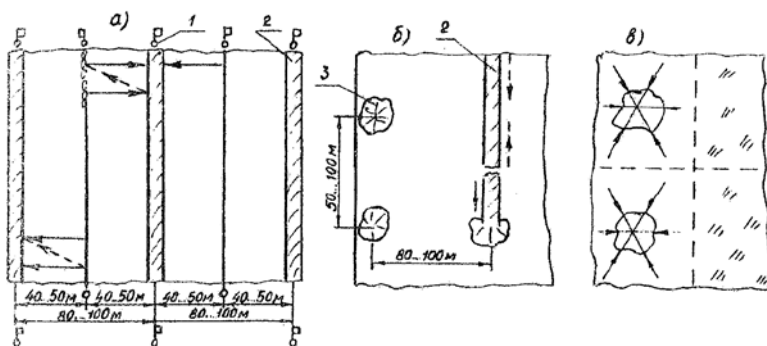


Рис. 4.3. Сгребание срезанного кустарника:

*a* – в валы; *б* – формирование куч из валов; *в* – в кучи; 1 – вешки; 2 – валы; 3 – кучи

Челночный способ без поворотов на концах гона применяется на сильно закустаренных площадях при небольшой длине гона. Участок расчищается движением агрегата вперед с рабочими ходами поперек или вдоль ходов кустореза. Холостой ход осуществляется движением трактора назад по расчищенному месту.

Сгребание челночным способом с поворотом на конце гона осуществляется при движении агрегата вперед. В конце гона кустарник сбрасывается в вал, машина разворачивается и собирает кустарник в обратном направлении без холостых ходов.

Сгребание с разгрузкой в боковую сторону рекомендуется на участках с длинными гонами и большим количеством срезанного кустарника. При выполнении рабочего хода корчеватель сбрасывает древесную массу к валам, собранным предыдущими проходами агрегата. Далее агрегат продолжает собирать срезанный кустарник, двигаясь в том же направлении до следующего вала. Способ целесообразен при одновременной работе кустореза и корчевателя-собирателя.

При сгребании по челночной схеме в два вала агрегат работает без разворотов в конце гона. После сгребания срезанной массы в вал на одной стороне загона агрегат переходит на другую, противоположную сторону того же загона.

Способ сгребания в кучи применяется при густом кустарнике. В этом случае участок разбивают на загоны, намечают места расположения куч на расстоянии 40...50 м друг от друга и сгребают кустарник от периферии загона к центрам расположения куч.

#### ***Сжигание срезанного кустарника.***

Кучи кустарниковой массы рекомендуется сжигать в апреле – мае. Для лучшего горения рекомендуется использовать отработанные нефтепродукты (смазочные масла). Поджигать кучи следует с наветренной стороны. В комплекс работ по сжиганию куч входит обливка древесины горючим, поджигание, наблюдение за горением и поддержание огня, принятие мер противопожарной безопасности во время горения, перетряхивание несгоревших остатков, повторное сгребание и сжигание.

#### ***Корчевка пней и корней.***

Очистку мелиорируемых земель от пней и корней, оставшихся после срезки кустарника и мелколесья, производят с учетом их размеров, почвенных условий и типов применяемых машин.

Эта операция может выполняться корчевателями-собирающими, корчевальными бородами и роторными корчевателями.

Наиболее производительной и качественно работающей является корчевальными бородами и роторными корчевателями, однако при их использовании вначале корчевателем должны быть удалены пни диаметром более 15...20 см.

Корчевка пней и корней корчевальными бородами должна вестись в 2...3 следа, причем каждый последующий след выполняется через 5...7 дней в направлении, поперечном предыдущему.

Перетряхивание и сгребание выкорчеванных пней и корней выполняют кустарниковыми граблями передней или задней навески через 7...15 дней после корчевки.

Из выкорчеванных пней и корней формируются кучи при помощи погрузчиков с грейферными захватами или корчевателей-погрузчиков. В дальнейшем масса, собранная в кучи, сжигается.

При невозможности сжигания пней на месте корчевки (например, на торфяниках) производят их погрузку в транспортные средства грейферными погрузчиками и транспортируют на самосвальных лыжах или тракторных прицепах к местам складирования (сжигания).

Следует иметь в виду, что выкорчеванные и очищенные от земли пни и погребенную древесину можно использовать в хозяйственных целях (на топливо, технологическую щепу и т. п.).

Основные требования к качеству работ:

корни диаметром более 2 см должны быть полностью выкорчеваны и уложены в кучи;

засыпка подкорневых ям должна выполняться без разрыва во времени с основной операцией;

вынос плодородного слоя почвы за пределы участка освоения недопустим.

#### ***Корчевка кустарника и мелколесья.***

Сводку ДКР способом корчевки целесообразно производить в тех случаях, когда предварительная срезка надземной части невозможна или технически и экономически не оправдана (редкий кустарник, наличие поверхностных камней более 50 м<sup>3</sup>/га, изрытая и неровная поверхность, заросшие вырубki и т. п.).

Корчевка выполняется корчевателем-собирателем челночным способом. При этом зубья корчевателя постепенно заглубляются в грунт, движением агрегата вперед куст выкорчевывается, перемещается на 10...15 м с подъемом отвала. По окончании рабочего хода зубья корчевателя выглубляют и делается резкий поворот машины в сторону, выкорчеванная масса сбрасывается с отвала с укладкой корнями вверх для лучшего подсыхания почвы. При перемещении выкорчеванного кустарника рекомендуется периодически поднимать и опускать рабочий орган, а заодно и выкорчеванную массу, что способствует лучшему отряхиванию земли с корней.

Возможна корчевка кустарника и мелколесья и в зимнее время, особенно на торфяно-болотных почвах, учитывая их меньшую промерзаемость по сравнению с минеральными грунтами. Допустимая глубина промерзания составляет 15...20 см, глубина снега – до 20 см. К тому же при зимней корчевке выносятся в 3 раза меньше торфа, чем летом, так как мелкие корни при корчевке зимой обрываются.

Выкорчеванную массу оставляют на 7...15 дней для просушки, после чего сгребают в валы или кучи. Формируют кучи объемом до

200 м<sup>3</sup>, высотой 5...7 м, с площадью основания 20...30 м<sup>2</sup>. Сгребание выкорчеванной ДКР осуществляется теми же способами, что и срезанной кусторезами. При сгребании рекомендуется периодический подъем и опускание рабочего органа для лучшего отряхивания земли с корней. Перемещение выкорчеванной ДКР при сгребании и перетряхивании производят на расстояние 50...100 м в зависимости от высоты и густоты кустарника. Основные требования к качеству работ при корчевке ДКР:

древесная растительность и пни должны быть полностью выкорчеваны и оставлены на участках для подсыхания почвы на корнях;

при корчевке должно выноситься минимальное количество подстилающих неплодородных слоев земли;

подкоренные ямы должны быть небольшими, чтобы их можно было легко засыпать;

заравнивание подкоренных ям должно производиться сразу после основной операции.

#### ***Фрезерование кустарника и пней.***

Закустаренные торфяники и оторфованные почвы осваивают фрезерными машинами, совмещая таким образом корчевку и удаление кустарника, а также первичную обработку почвы.

Перед фрезерованием с участка необходимо удалить деревья диаметром более 12 см, а также пни диаметром более 20 см.

При высоте кустарника и мелколесья более 5 м и общем запасе древесины (включая погребенную) более 50 м<sup>3</sup>/га рекомендуется предварительно удалить надземную часть, что способствует повышению качества и производительности фрезерования. При скрытой пнистости более 1 % фрезерование производят на глубину 35...40 см. При меньшей пнистости фрезерование выполняют на глубину 15...20 см с последующей вспашкой с оборотом пласта на глубину 30...35 см.

Возможно фрезерование закустаренных торфяников и в зимнее время при глубине промерзания торфа до 15 см и глубине снега до 30 см. В этом случае наиболее целесообразно проводить мелкое фрезерование на глубину 10...15 см с последующей запашкой измельченной древесины в летний период на глубину 30...35 см.

Схема движения фрезерной машины – загонная (рис. 4.4, 4.5). Каждый загон разбивается на полосы шириной 40 м. Рабочий ход машины начинается на первой полосе, в конце гона агрегат разворачивается и следующий рабочий ход осуществляет по соседней полосе. Таким образом, нечетные проходы выполняются по первой полосе, а четные – по второй. Фрезерование необходимо производить с перекрытием предыдущего прохода на 10...20 см.

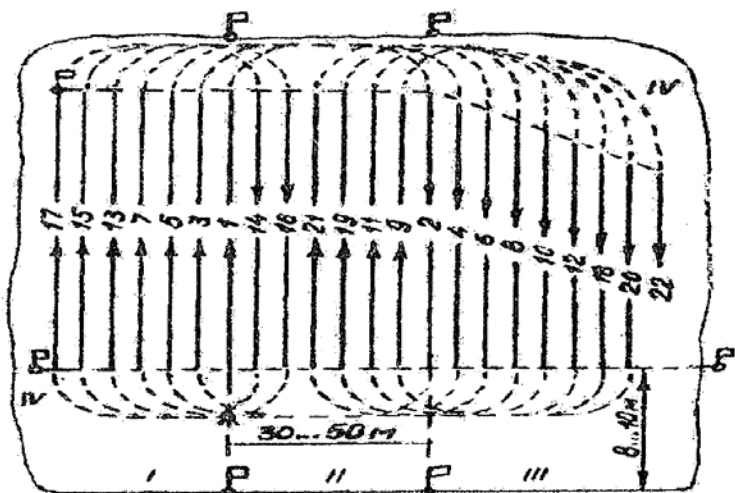


Рис. 4.4. Подготовка участка и способы движения тракторного агрегата на фрезеровании: I...III – загоны; IV – поворотные полосы; V – вешки на границах между загонами; 1...22 – проходы агрегата

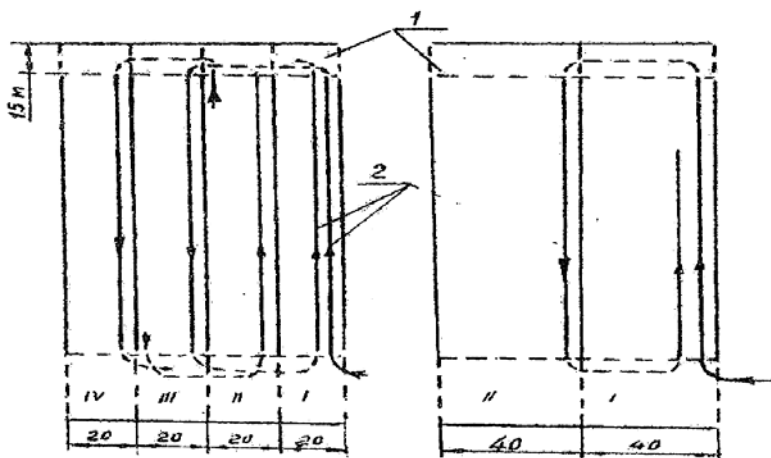


Рис. 4.5. Схема движения при глубоком сплошном фрезеровании: 1 – поворотные полосы; 2 – рабочие проходы; I...IV – карты-полосы на обрабатываемом загоне

После фрезерования измельченная древесина должна равномерно располагаться по глубине обрабатываемого слоя почвы. На поверхности почвы допустимо наличие не более 5 % общей массы древесины. Древесина должна быть измельчена на фракции длиной менее 20 см и диаметром до 4 см.

#### ***Запашка кустарника.***

Запашку кустарника можно производить на участках, не требующих значительных планировочных работ, при отсутствии большого количества крупных пней, погребенной древесины, не засоренных камнями. Глубину вспашки следует устанавливать в зависимости от высоты и густоты кустарника с таким расчетом, чтобы перевернутый пласт полностью покрывал запахируемую древесину и на поверхность не выворачивался подстилающий горизонт почвы. Толщина припахиваемого подстилающего слоя не должна превышать 5 см.

Запашка выполняется кустарниково-болотными плугами. Вспашка рекомендуется загонами, способ движения агрегата – всвал. Ширина загона выбирается в зависимости от длины гона и ширины захвата плуга.

На неподготовленном участке в стыке первых борозд (в середине загона по ширине) могут остаться незапаханные стволы и ветви кустарника. Чтобы это исключить, следует на полосе для первых проходов агрегата, равной двойной ширине захвата плуга, срезать кустарник кусторезом или примять его гусеницами трактора в направлении вспашки.

В процессе вспашки трактор следует вести так, чтобы наружная кромка правой гусеницы располагалась по краю борозды. В таком случае правая гусеница трактора приминает кустарник по ходу движения, что обеспечивает лучшую запашку его.

Запашку кустарника в зимний период можно проводить при глубине промерзания не более 10 см (торф) или 5 см (минеральные земли) и мощности снегового покрова до 10 см.

После запашки без разрыва во времени следует проводить дискование поверхности тяжелыми дисковыми боронами в 3...4 прохода, причем первые два прохода делают вдоль, а последующие – под углом (до 30°) к направлению вспашки.

Технология освоения закустаренных земель способом запашки завершается прикатыванием поверхности тяжелыми катками.

После запашки кустарника в течение 2...3 лет должна применяться безотвальная обработка почвы.

### 4.3. Освоение залесенных земель

Состав операций по освоению залесенных земель включает: валку и трелевку деревьев, очистку их от сучьев, разделку на хлысты и сортименты, корчевку, сгребание и сжигание пней.

Валку деревьев осуществляют бензомоторными пилами, а также валочными, валочно-пакетирующими и валочно-трелевочными машинами.

Если на осваиваемом участке имеется подлесок и подрост деревьев и пней (в сумме) более 500 шт/га, работы следует начинать с расчистки площади от деревьев и пней, после чего произвести корчевку (вычесывание) кустарника и мелкокося навесными корчевальными боронами или роторными корчевателями.

При наличии подлеска и подроста деревьев и пней менее 500 шт/га сначала необходимо выполнить срезку кустарника и мелкокося, затем сгребание срезанной древесной массы в большие валы и кучи. Если использование собранной в кучи массы технически и экономически не оправдано (отсутствие потребителей, технических средств утилизации, высокая себестоимость), ее сжигают. Оставшиеся деревья выпиливают и трелюют к площадкам разделки (отгрузки) древесины. После этого корчуют и удаляют пни.

Спиленные деревья трелюют вместе с кроной на подготовленные площадки для разделки на хлысты, сортименты, дрова или для переработки с помощью передвижных рубильных машин на технологическую щепу.

Разделка деревьев на хлысты и сортименты на месте их валки запрещается.

Очистку спиленных деревьев от сучьев и вершин производят на разделочной площадке с применением бензомоторных пил, самоходных сучкорезных машин или вручную. Сучья должны быть удалены заподлицо со стволом, вершина опилена в месте, где диаметр ствола равен 6 см для хвойных и 8 см для лиственных пород.

Работы по корчевке пней выполняются в летнее и зимнее время, при максимальном промерзании почвы 15 см и глубине снега до 20 см. Корчевку в зимнее время целесообразно проводить на торфяно-болотных почвах, так как они промерзают медленно и на малую глубину. В осенний период и в начале зимы корчуют пни и на минеральных грунтах участков, планируемых к завершению строительства в первом полугодии.

Корчевка пней диаметром более 15 см производится корчевателями и корчевателями-собирающими. Пни диаметром до 20 см корчуются

поступательным движением агрегата с заглубленными под пень зубьями. Если тягового усилия трактора недостаточно (пни диаметром до 30 см), корчевка осуществляется подъемом рамы с зубьями и поворотом рабочего органа соответствующими гидроцилиндрами. Пни диаметром до 45 см корчуются с предварительным подрезанием корневой системы зубьями корчевателя с двух сторон.

Выкорчеванный пень отодвигают от подкорневой ямы на 5...15 м и укладывают в валок корнями вверх для просушки в течение 10...15 дней. Затем пни сгребаются корчевателями-собирающими в кучи с перемещением до 50 м, одновременно с перетряхиванием (обивкой земли).

Оставшиеся пни диаметром менее 15 см, крупные корни и помятый подлесок удаляют корчевальными боронами или корчевальными агрегатами с активными рабочими органами.

На торфяных землях пни диаметром более 20 см следует удалять корчевателем-собирающим, а оставшиеся пни, корни и погребенную древесину фрезеровать вместе с почвой или удалять роторными корчевателями. Перед проходом корчевальных борон и роторных корчевателей следует предварительно выровнять поверхность осваиваемых земель (засыпать бульдозером ямы, разровнять отвалы грунта и т. д.).

Сжигание пней диаметром более 15 см следует проводить после подсушки в кучах через 2...3 месяца после их укладки. Несгоревшие древесные остатки складываются в кучи в местах, определяемых проектом, с последующим их уничтожением.

#### **4.4. Ликвидация валов и куч из выкорчеванной древесной растительности**

При ликвидации валов и куч выполняется следующий комплекс работ:

- разбивка и разравнивание валов;
- перетряхивание древесных остатков;
- погрузка и транспортировка древесных остатков в отведенные места;
- формирование куч;
- сжигание древесных остатков в кучах;
- планировка и выравнивание поверхности участка производства работ;
- первичная обработка;
- уборка мелких древесных остатков.

Работы по ликвидации валов и куч можно выполнять в течение всего года по согласованию с землепользователями.

Разбивку валов и куч производят корчевателями-собирающими на базе тракторов тягового класса 100 и 150 кН.

При разбивке валы и кучи разравниваются слоем толщиной не более 50 см для обеспечения подсушки земли и создания благоприятных условий для перетряхивания древесно-земляной массы, которое осуществляется навесными кустарниковыми граблями, корчевальными боронами или корчевателями-собирающими. Древесные остатки (стволы, пни) после перетряхивания сгребаются в небольшие кучи кустарниковыми граблями или корчевателями-собирающими, грузятся на тракторные прицепы и вывозятся на отведенную для сжигания площадку, где формируются кучи высотой 5...7 м с помощью грейферного погрузчика.

После удаления древесных остатков с площади разровненного вала производится частичная планировка поверхности с объемом земляных работ, не превышающим 150...200 м<sup>3</sup>/га, и первичная обработка почвы. При необходимости удаляют мелкие древесные остатки и камни.

На площади разровненного вала (кучи) в обрабатываемом слое почвы не должны оставаться древесные остатки длиной более 20 см, диаметром свыше 4 см и камни диаметром более 10 см.

#### **4.5. Очистка мелиорируемых земель от мелких древесных остатков**

Технология производства работ предусматривает механизированную очистку мелиорируемых земель от мелких древесных остатков в два этапа:

- а) сгребание в валки;
- б) окучивание валков (или их подборка) с последующим сжиганием или вывозкой.

Сгребание мелких древесных остатков в валки производится кустарниковыми граблями и валкователями. Схемы производства работ предусматривают как раздельную работу этих машин, так и комбинированное их применение при совместной работе.

Кустарниковыми граблями сгребают мелкие древесные остатки в валки за 2...4 следа в зависимости от их количества и размеров, глубины залегания, качества первичной обработки почвы. Направление сгребания каждого последующего следа должно быть поперечным или под углом к предыдущему.

После формирования валков производится их окучивание корчевателями-собираателями, тракторными граблями фронтальной навески и сжигание.

При невозможности быстрого сжигания в целях освобождения фронта работ для последующей операции древесные остатки вывозят за пределы участка освоения с применением грейферных погрузчиков и тракторных прицепов.

После производства работ на поверхности участка не должно быть древесных остатков диаметром более 4 см и длиной более 20 см.

#### **4.6. Очистка торфяной залежи от погребенной древесины**

Кроме фрезерования погребенная древесина из пахотного слоя торфа может удаляться способом корчевки.

При содержании в торфяной залежи погребенной древесины не более 1 % от объема 50-сантиметрового слоя почвы операция корчевки не проводится. После глубокой вспашки кустарниково-болотными плугами извлеченную на поверхность погребенную древесину удаляют валкователями, корчевателями-собираателями, кустарниковыми граблями, грейферными погрузчиками и тракторными прицепами.

Если в торфяной залежи погребенной древесины содержится более 1 %, то ее извлекают корчевальными машинами и орудиями: корчевателями-собираателями, корчевальными боронами, гидрофицированными кранами, специальными прицепными корчевателями.

Выкорчеванную древесину собирают в валки корчевателями-собираателями, тракторными граблями, валкователями, грузят в транспортные средства и вывозят за пределы участка для использования на топливо или на технологическую щепу.

#### **4.7. Уничтожение кочек и мохового очеса**

Валунные и приствольные кочки удаляются в процессе корчевки деревьев, пней и корней.

Кочки высотой до 15 см уничтожают боронованием или шлейфованием рельсовыми волокушами.

Кочки высотой 15...25 см уничтожают либо дискованием закорченной площади тяжелыми дисковыми боронами, либо измельчением болотными фрезами с последующим прикатыванием тяжелыми катками.

Кочки высотой 25...50 см уничтожаются способом глубокого сплошного фрезерования с предварительным прикатыванием (сжатием кочек) тяжелыми катками.

Кочки высотой более 50 см срезаются кочкорезами с последующим фрезерованием площади.

Моховой очес мощностью до 15 см (в неосушенном состоянии) запахивают кустарниково-болотными плугами, мощностью 15...40 см после рыхления сгребают и вывозят за пределы участка освоения.

Требования по качеству:

надземная часть кочек должна быть полностью удалена, а основание кочек должно быть уничтожено измельчением или запахиванием;

размер фракций измельченных кочек не должен превышать 10 см;

запаханные кочки должны быть полностью засыпаны почвой слоем не менее 20 см;

при ликвидации мохового очеса не допускается его разрыхление без последующего удаления с объекта или глубокой запашки;

при запашке моховой очес должен находиться на дне борозды и полностью засыпан землей.

#### **4.8. Очистка мелиорируемых земель от камней**

При проведении камнеуборочных работ следует удалять поверхностные, полускрытые и скрытые в верхнем (30 см) слое почвы камни размером более 8 см. При отсутствии соответствующих камнеуборочных машин в зависимости от степени закаменности и характера использования земель удаляются камни размером более 10 см.

Собранные камни размещаются в местах временного складирования, определяемых проектом, с учетом благоприятных условий для их погрузки и транспортировки при утилизации. Запрещается складировать камни вместе с древесными остатками.

Крупные камни диаметром более 2 м следует перед уборкой раскалывать с помощью взрывчатых веществ, гидромолотов или электрогидравлических установок.

Для корчевки валунов диаметром 0,6...2,0 м и предварительно расколотых крупных камней применяются корчеватели. Камни массой более 6 т корчуются одновременно двумя корчевателями.

В зависимости от обеспеченности транспортными средствами, степени каменистости и дальности вывозки уборку крупных камней производят одним из следующих способов:

корчевка камней с одновременной погрузкой в транспортные средства (при каменистости более  $50 \text{ м}^3/\text{га}$ );

корчевание с одновременным сгребанием в кучи и последующей погрузкой в транспортные средства (при каменистости менее  $50 \text{ м}^3/\text{га}$ );

корчевание с перемещением камней массой до 3 т на отвале корчевателя (при дальности транспортировки до 50 м).

Специальная технология освоения каменистых земель с кустарником густой и средней заростности включает следующие операции:

частичная корчевка (вычесывание в один след) кустарника и камней корчевальной бороной с целью выявления мест нахождения камней;

корчевка (вычесывание) корчевальной бороной полос кустарника для укладки штабелей камней (ширина полос – 5...6 м на расстоянии 25...30 м друг от друга с направлением движения агрегата перпендикулярно первому проходу);

удаление выкорчеванной древесной массы с полос штабелирования с помощью граблей или корчевателей-собирателей;

сталкивание крупных и средних камней корчевателями в полосы штабелирования с одновременным отделением древесной массы (схема движения корчевателя – челночная, попеременно расчищенных полос);

корчевание (вычесывание) кустарника на полосах между штабелями камней корчевальной бороной в два следа (рабочие ходы агрегата параллельно валам из камней);

окучивание и сжигание выкорчеванной ДКР с помощью корчевальных агрегатов;

уборка мелких и средних камней с поверхности почвы камнеуборочными машинами с разгрузкой и окучиванием;

удаление камней с полос штабелирования к площадкам подготовки (раскалывания) камней на тракторных прицепах;

сгребание крупных древесных остатков с поверхности расчищенных полос в кучи тракторными граблями и сжигание древесной массы; первичная обработка почвы;

сбор и удаление мелких камней камнеуборочными машинами;

сбор и удаление мелких древесных остатков;

планировка поверхности длиннобазовыми планировщиками.

Погрузка выкорчеванных камней в транспортные средства выполняется корчевателями, грейферными и челюстными погрузчиками, автокранами с тросовым захватом (в зависимости от вида транспортных средств).

Для транспортировки камней к местам складирования используют тракторные прицепы, самосвальные лыжи и волокуши, агрегируемые с тракторами тягового класса 30, 50 и 60 кН.

Вывозку на самосвальных лыжах и волокушах допускается применять при дальности транспортировки менее 500 м.

Очистку мелиорируемых земель от валунов и крупных камней в осенне-зимний период производят следующим образом: поздней осенью или в начале зимы выполняют только корчевку камней при глубине промерзания почвы до 10 см и мощности снегового покрова до 20 см. При промерзании почвы и установлении снегового покрова камни вывозят к местам складирования.

Скрытые в почве средние камни извлекают корчевальными боронами и плоскорезами. Схема движения борон при первом проходе – спиральная, при втором – челночная с разворотом в конце гона. Схема движения плоскореза – челночная.

Уборку извлеченных на поверхность камней диаметром от 30 до 100 см производят погрузочно-транспортными агрегатами на базе тракторов класса 30 и 50 кН.

Оставшиеся мелкие и средние камни диаметром 10...65 см убирают камнеуборочными машинами УКП-0,6 и УКС-0,7. Дальность вывозки камней камнеуборочными машинами и погрузочно-транспортными агрегатами не должна превышать 1000 м.

Мелкие камни убираются камнеуборочными машинами сепарирующего типа после первичной обработки почвы.

Убранные камни используют в мелиоративном и дорожном строительстве при изготовлении бетонных изделий и сооружений. Для переработки на щебень используют передвижные камнедробильные агрегаты крупного, среднего и мелкого дробления, объединенные в технологические линии.

Камни размером более 34...50 см при применении камнедробильного агрегата крупного дробления предварительно раскалывают с использованием взрывчатых веществ, электрогидравлических установок и гидромолотов.

Раскалывание камней с использованием взрывчатых веществ выполняют на специальных полигонах, устраиваемых в соответствии с требованиями «Единых правил на производство взрывных работ» на безопасном расстоянии от жилых и промышленных построек, дорог, ЛЭП и других сооружений.

Взорванные камни (промежуточная фракция) грузятся в транспортные средства и перевозятся к дробильному агрегату. Дальность перевозки камней промежуточной фракции не должна превышать 40 км.

Электрогидравлическим и механическим способами (установки электрогидравлического эффекта и гидромолоты) раскалывают камни на специальной площадке непосредственно у камнедробильных агрегатов. Камни промежуточной фракции в приемный бункер камнедробильной машины подаются бульдозером.

Переработка камней промежуточной фракции на щебень производится на специально оборудованном камнедробильном пункте. Площадка для камнедробильного пункта выбирается с учетом следующих факторов:

расположение по возможности в центре закамененного массива, с объемом камней, обеспечивающим 3...4-летнюю работу дробильного пункта;

расстояние от полигона для взрывания камней до пункта дробления должно быть наименьшим;

расстояние от жилых строений должно быть не менее 1 км.

Контроль качества камнеуборочных работ производят до первичной обработки почвы и после планировки поверхности и дискования.

До первичной обработки с поверхности должны быть убраны камни диаметром более 30 см и из обрабатываемого слоя почвы – размером более 10 см.

Контроль уборки камней производится на контрольных площадках размером 10×10 м, выбираемых из расчета: на 100 га площади – 3, 100...200 га – 5, более 200 га – 6 площадок.

Количество оставшихся неубранных камней диаметром более 10 см не должно превышать 1 шт. на одной контрольной площадке.

#### **4.9. Первичная обработка почвы**

При первичной обработке почвы должны соблюдаться следующие требования: сохранение гумусового горизонта, достаточный оборот и крошение пласта, глубокая и полная разделка дернины, травянистой растительности и мелких древесных остатков.

Применяются следующие способы первичной обработки вновь осваиваемых земель: вспашка плугами с оборотом пласта; безотвальная обработка и фрезерование.

Отвальную вспашку кустарниково-болотными плугами с последующей разделкой пласта тяжелыми дисковыми боронами проводят на минеральных почвах с мощностью гумусового слоя более 18 см.

Если почва засорена древесно-корневыми остатками, следует применять навесные кустарниково-болотные плуги, агрегатируемые с тракторами класса 50, 60 и 100 кН. На почвах, не засоренных древесно-корневыми остатками и слабо задерненных, целесообразнее использовать многокорпусные плуги с тракторами К-701 (на каменистых почвах – специализированные камнестойкие плуги).

Глубину вспашки устанавливают с учетом мощности гумусового горизонта. Величина припахивания подстилающего слоя почвы не должна превышать 3...5 см.

Разбивку участков на загоны при первичной вспашке выполняют с учетом их длины и наличия уклонов. Длинная сторона загонов должна совпадать с длинной стороной участка, а при наличии уклона – располагаться поперек склона.

Вспашка производится двухзагонным и четырехзагонным способами без петлевых поворотов агрегата (рис. 4.6, 4.7).

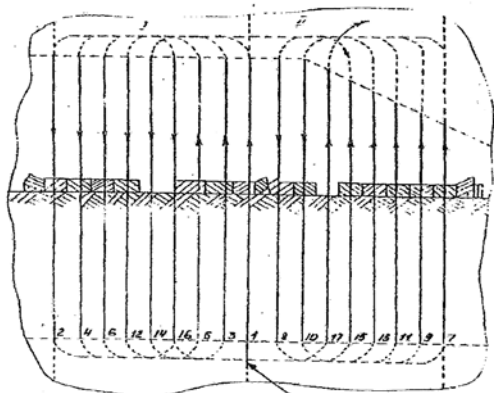


Рис. 4.6. Схема движения агрегата при вспашке двух загонов без петлевых поворотов: I, II – загоны; 2...17 – рабочие проходы агрегата

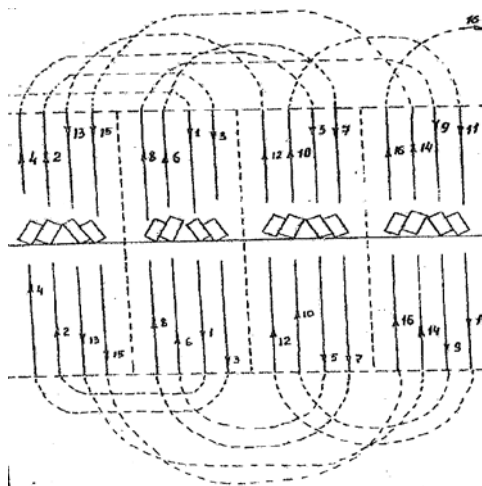


Рис. 4.7. Четырехзагонный способ вспашки

Вспашку двухзагонным способом без петлевых поворотов начинают на первом загоне вразвал (от краев загона). Когда в середине его остается узкая полоса (шириной менее двух радиусов поворота агрегата), трактор переезжает на второй загон и работает так же, как и на первом загоне, а затем распахивает оставшиеся узкие полосы в середине обоих загонов.

Для уменьшения глубины развальных борозд последние два захода выполняют с уменьшенной глубиной вспашки.

На узких участках (при малом расстоянии между осушительными каналами) вспашку выполняют всвал – от середины загона к его краям.

После вспашки всех загонов обрабатывают поворотные полосы шириной 12...13 м и огрехи.

На болотах с мощной и плотной дерниной или закоряченных, но не засоренных погребенной древесиной перед вспашкой необходимо проводить фрезерование в один след, а при наличии погребенной древесины – дискование в 2...3 следа.

На переходных и близких к ним низинных болотах, покрытых слоем оочеса до 15 см, рекомендуется выполнять вспашку на глубину 35...40 см с тем, чтобы извлечь на поверхность более разложившийся слой торфа. В этом случае перед вспашкой проводится дискование или фрезерование.

Сразу же после вспашки проводится разделка пласта тяжелыми дисковыми боронами или фрезерными барабанами. Качество разделки и количество проходов дисковой бороны зависит от направления перемещения ее относительно пластов и угла атаки дисковых батарей. Для обеспечения хорошего качества работ угол атаки дисков при разделке пласта на минеральных почвах должен составлять 13...14°, а на торфяно-болотных – 8...11°.

На участках, где заделка древесных остатков и дернины мелкая, дискование необходимо проводить вдоль пласта, чтобы исключить извлечение дернины и древесины на поверхность. Второй след при дисковании выполняется под углом до 30° к направлению пласта.

Если вспашка глубокая, разделку пласта рекомендуется проводить под углом более 40° к направлению пласта диагональными и диагонально-перекрестными способами движения дисковых борон, при которых достигается лучшее крошение пласта и выравнивание поверхности пашни (рис. 4.8, 4.9).

На узких участках применяется челночная схема движения дисковых борон.

При малой мощности гумусового слоя отвальная обработка заменяется безотвальной тяжелыми дисковыми боронами, дисковыми плуга-

ми и дисковыми мелиоративными боронами, а также рыхление почвы кустарниково-болотными или обычными плугами без отвалов.

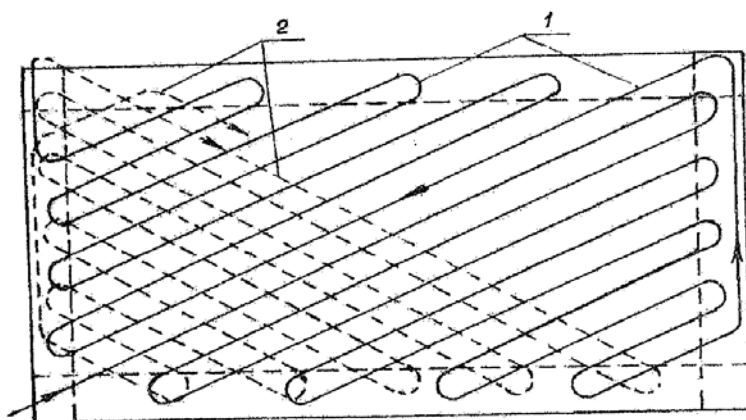


Рис. 4.8. Диагональный способ движения тяжелых дисковых борон:  
1 – первый след; 2 – второй след

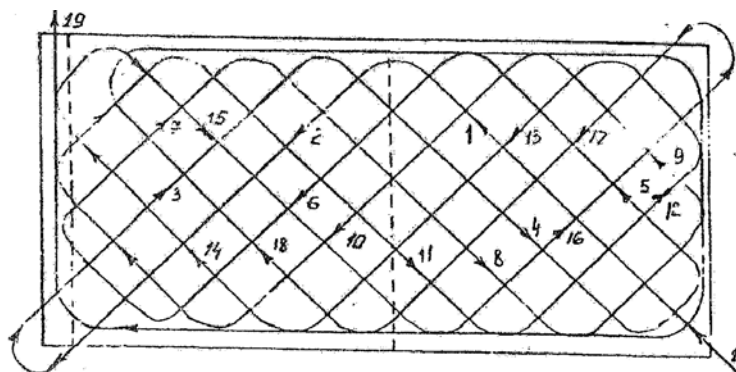


Рис. 4.9. Движение агрегата диагонально-перекрестным способом при дисковании

На землях с тяжелосуглинистыми почвами низкого естественного плодородия целесообразно сочетать глубокое безотвальное рыхление со вспашкой на глубину гумусового слоя.

При освоении выродившихся лугов с мощной и плотной дерниной вспашку можно заменить фрезерованием болотными фрезами, если почва не засорена камнями и древесными остатками.

После первичной обработки торфяников плугами, фрезерными или дисковыми орудиями обязательно проводится прикатывание гладкими водоналивными катками. Наиболее распространенным способом движения катков является круговое. Рыхлые торфяно-болотные почвы прикатывают в один след катком, заполненным водой на  $\frac{2}{3}$  или полностью.

#### **4.10. Планировка поверхности мелиорируемых земель**

Первичная строительная планировка разделяется на предварительную (грубую) и чистовую (выравнивание микрорельефа).

Грубая планировка производится перед первичной обработкой почвы и заключается в ликвидации различных земляных сооружений и неровностей (старых каналов, ям, котлованов, отвалов грунта и т. п.). Задачей грубой планировки является создание поверхности поля, пригодной для первичной обработки почвы, а также улучшение условий стока поверхностных вод. Работы по ликвидации земляных сооружений выполняются обычными землеройно-транспортными машинами. Старые мелкие каналы и другие неровности можно запахивать всвал кустарниково-болотными плугами.

Выравнивание микрорельефа вновь осваиваемых земель проводится после первичной обработки почвы. На старопахотных землях при тяжелых почвах выравниванию предшествует вспашка с дискованием, а при легких почвах – только дискование в 1...2 следа. На торфяно-болотных почвах чистовая планировка выполняется после дискования и прикатывания тяжелыми водоналивными катками. Площади, подлежащие выравниванию, должны быть очищены от камней и древесных остатков. Планировку желательно проводить при оптимальной влажности почвы. Интенсивность выравнивания устанавливается в зависимости от выраженности микрорельефа, мощности гумусового горизонта почвы, внесения органических удобрений, необходимых для восстановления почвенного плодородия, нарушенного в местах срезки.

При незначительной выраженности микрорельефа (высота неровностей до 10 см) и малой мощности гумусового горизонта выравнивание выполняется легкими рельсовыми волокушами и цепными приспособлениями.

При более выраженном микрорельефе выравнивание выполняется длиннобазовыми и многоотвальными планировщиками.

Число проходов длиннобазовых планировщиков и простейших выравнивателей устанавливают с учетом степени развития микрорельефа, мощности гумусового горизонта, механического состава почвы.

На связных почвах после 1...2 проходов планировщика целесообразно дополнительное рыхление почвы дисковыми боронами.

В зависимости от конфигурации участка и особенностей микрорельефа используются загонная (рис. 4.10) или диагонально-перекрестная (рис. 4.11) схемы. Загонная схема применяется при планировке узких участков в один след, а диагонально-перекрестная – в местах, где требуется выравнивание в несколько следов.

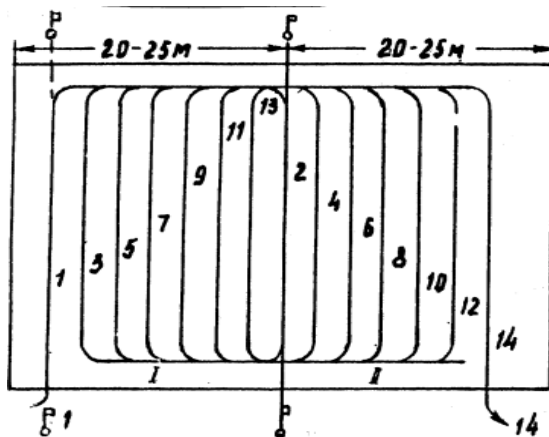


Рис. 4.10. Схема планировки участка загонным способом: I, II – загоны

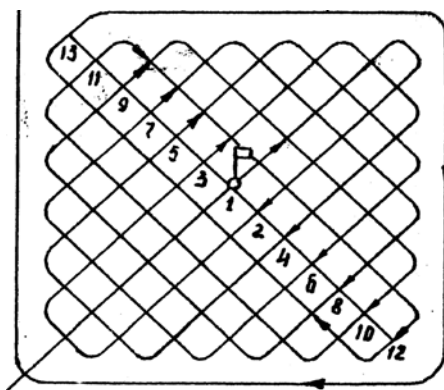


Рис. 4.11. Планировка диагонально-перекрестными проходами при удлиненном поле

В последнем случае первый проход агрегата выполняют по диагонали участка (близкого по форме к квадрату). Все последующие проходы выполняются параллельно первому, постепенно приближаясь к углам участка, которые расположены по обе стороны от первого прохода агрегата.

При чистовой планировке необходимо соблюдать следующие требования:

величина плодородного слоя после срезки должна быть не менее 5 см;

при планировке поверхности допускается отклонение  $\pm 5$  см на участке длиной 4 м.

Нельзя оставлять участки без плодородного слоя, а также замкнутые бессточные понижения.

## **5. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕМОНТА ГРУНТОВЫХ НАСЫПНЫХ ПЛОТИН, ДАМБ**

### **5.1. Подготовка основания сооружений**

Производство работ по возведению насыпных сооружений начинают с выноса в натуру оси сооружения. При этом на основании имеющихся на местности пунктов геодезической основы, твердых контуров и местных предметов, четко обозначенных на плане, линейными и угловыми замерами определяется положение проектных точек оси насыпи на местности. Полученные точки закрепляются кольями. По полученным точкам выполняется вешение оси через 50 м.

Для восстановления проектной оси сооружения и контроля за строительными работами по перпендикуляру к оси устанавливаются выносные столбы высотой 2 м через 200...500 м на прямых участках, через 100 м на кривых и временные реперы на расстоянии не менее 20 м на границах полосы отвода. По провешенной и закрепленной оси разбивается пикетаж через 100 м. В процессе разбивки пикетажа определяются места резкого изменения рельефа местности, устройства сооружений, устанавливаются главные точки кривой на поворотах трассы. Положение пикетов закрепляется на местности кольешками (точкой со сторожкой), плюсовых точек – сторожками, оси сооружения и главных точек кривой – кольями или столбами. После этого выполняется техническое нивелирование трассы, составляется ведомость разбивки, уточненные профиль трассы и разбивочный чертеж.

До начала основных работ тщательно готовят основание сооружения: очищают от деревьев и кустарников, выкорчевывают пни и корни,

удаляют или закапывают крупные валуны. При строительстве дорог с высотой насыпи 1,5...2,0 м допускается оставлять пни заподлицо с землей, а при высоте более 2 м – до 20 см. В основании насыпи бульдозерами и скреперами (в зависимости от дальности) удаляют растительный грунт и перемещают его в нижний бьеф для последующего залужения низового откоса. Удаляют также переувлажненный грунт, линзы наносов, торф со степенью разложения менее 50 %. Не исключается (при большой дальности) погрузка растительного грунта в транспорт. Русловые части водотоков расчищают экскаваторами обычно с погрузкой в транспорт при значительной дальности переезда.

Грунт основания разрабатывают с недобором до проектной отметки на 15...20 см; защитный слой удаляют непосредственно перед отсыпкой первых слоев грунта насыпи. Основание из просадочных лессовых грунтов предварительно замачивают. После замачивания и завершения вызванных этим просадок грунта его дополнительно уплотняют трамбованием. На вскрытом основании путем отбора проб грунта по сетке со стороной квадрата 50...100 м проверяют его однородность, плотность, наличие включений (рис. 5.1). Подготовка основания заканчивается рыхлением его на глубину 0,2...0,3 м, затем основание уплотняют для обеспечения постепенного перехода от естественного основания к искусственному телу сооружения, уменьшения фильтрации воды в плоскости их контакта, разрушения ходов землероющих животных.

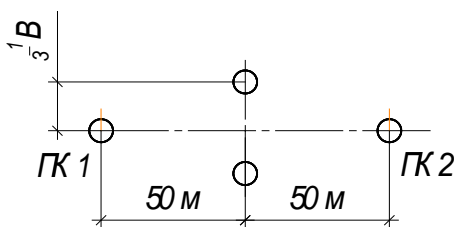


Рис. 5.1. Схема отбора проб грунта в основании сооружения

Сухое основание перед началом отсыпки следует увлажнить.

До начала отсыпки все шурфы, скважины и колодцы тампонируют. Ключи каптируют и выводят в нижний бьеф. После подготовки основания сооружения выполняется детальная строительная разбивка параметров сооружения, которая включает в себя определение и закрепление на местности параметров насыпи и кривых на поворотах трассы.

Параметры насыпи определяются промерами от оси сооружения. Расстояние от оси до подошвы насыпи определяется в зависимости от ширины по верху, высоты насыпи, заложения откосов и поперечного уклона (если он имеется). Восстановление перпендикуляров и откладывание точек закрепления параметров насыпи выполняется через 50 м на прямых и через 20 м на закруглениях, а также в плюсовых точках (рис. 5.2).

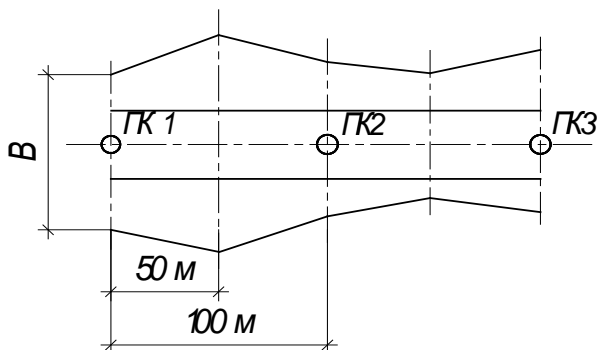


Рис. 5.2. Строительная разбивка параметров насыпи

На поворотах трассы производится детальная разбивка кривых способом прямоугольных координат. За начало координат принимается начало или конец кривой.

Строительство дренажных устройств предусматривает укладку фильтрующего материала по схеме обратного фильтра; отрывку котлованов; монтаж трубчатых дрен, смотровых колодцев, водоспусков.

При устройстве дренажа по схеме обратного фильтра целесообразна следующая технология (рис. 5.3): разработка грунта в выемке одноковшовым экскаватором; планировка дна выемки бульдозером под отметку (ось дренажной линии); отрывка траншеи многоковшовым экскаватором с приспособлением для формирования откосов; укладка на дно и стенки траншеи двух слоев стеклохолста; засыпка нижней части обратного фильтра щебнем краном с бадьей; уплотнение вручную щебня и устройство желобка под трубы; установка краном переставной опалубки для верхней части фильтра (в торцевых стенках опалубки выполняются полуокружности для труб); засыпка щебнем; засыпка экскаватором дамбочек фильтра грунтом с трамбованием; засыпка дренажа бульдозером.

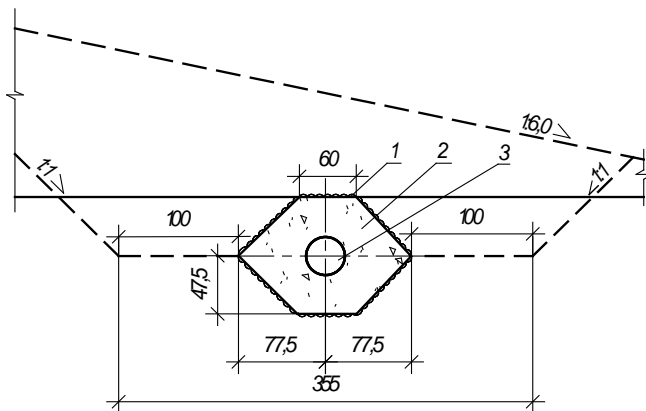


Рис. 5.3. Схема устройства дренажа насыпной плотины:  
 1 – стеклохолст (два слоя); 2 – дренажная призма; 3 – дрена

После подготовки основания выполняется устройство зуба, шпунтового ряда или завесы на водопроницаемом основании, если они предусмотрены проектом.

При отсыпке плотин на болотах необходимо предусматривать понижение УГВ на глубину не менее 1 м на ширине в 1,5...2 раза большей ширины основания (самотечным способом, насосной станцией или иглофильтровой установкой) на период подготовки основания, отсыпки насыпи на высоту 1,5...2,0 м и устройство дренажей или вплоть до окончания отсыпки.

По завершении всех работ по основанию составляют акт о его готовности (как на скрытые работы), в котором фиксируют топографические отметки с составлением поперечников, геологические условия, характер и объем выполненных работ по подготовке основания, результаты анализа грунтов и их соответствие требованиям проекта, данные о грунтовых водах, качество тампонажа скважин, шурфов, родников.

После этого с разрешения приемочной комиссии приступают к отсыпке грунта в сооружение.

## 5.2. Производство работ в карьере и резервах

Строительные карьеры располагают обычно вблизи возводимых сооружений, чтобы транспортные коммуникации от карьера к строительной площадке требовали минимального объема работ для их устройства и

обеспечивали наиболее удобную с необходимой интенсивностью и минимальной стоимостью доставку материалов на сооружения. Желательно такое расположение карьера, чтобы грузеный ход происходил под уклон. При расположении карьера со стороны верхнего или нижнего бьефа гидроузла карьер должен находиться на таком расстоянии от основных сооружений гидроузла, чтобы не была нарушена их устойчивость и не были ухудшены условия фильтрации в их основании. При расположении карьера в зоне затопления следует учитывать сроки наполнения водохранилища и организовывать разработку карьера поочередно по отдельным участкам, расположенным на разной высоте, работа на которых должна быть завершена к моменту наполнения водохранилища до соответствующей отметки.

Работы на карьерах начинают с удаления покрывающих (вскрышных), непригодных к использованию пород (грунтов). Вскрышные работы выполняют заранее или параллельно с добычными работами в минимально возможном объеме. Вскрышные породы складировуют, как правило, в специальные отвалы, которые могут быть использованы в последующем, в том числе и для рекультивации карьеров.

Показатель рентабельности открытой разработки – коэффициент вскрыши – соотношение объемов вскрышных пород и извлекаемого полезного грунта:

$$K_{\text{вскр}} = \frac{W_{\text{в}}}{W_{\text{к}}}.$$

Как правило, коэффициент вскрыши на карьерах нерудных строительных материалов редко превышает единицу и в среднем составляет 0,3.

Разработку вскрыши мощностью до 2 м обычно ведут землеройно-транспортными машинами (при дальности до 100 м – бульдозерами, 100...900 м – прицепными скреперами, более 900 м – самоходными). При необходимости перемещения грунта бульдозером на расстояние свыше 30 м целесообразно укладывать грунт в промежуточные отвалы, располагая их на расстоянии около 25 м друг от друга. Это позволяет уменьшить потери грунта при перемещении и, таким образом, способствует повышению производительности бульдозера.

При вскрыше карьеров скреперами целесообразно использовать шахматно-гребенчатую схему, при которой обеспечивается наилучшая наполняемость ковша. В редких случаях при большой мощности разработку ведут с погрузкой в транспортное средство.

Отвалы обычно располагают за пределами карьера. При больших размерах карьера вскрышные породы можно перемещать в выработан-

ное пространство. Одновременно устраивают нагорные и водоотводные каналы для защиты карьера от затопления.

Землевозные пути имеют следующие участки: *забойный*, *магистральный* и *отвальный*. Кроме того, выделяют выезды из карьера и въезды на насыпь.

*Забойный участок* (в пределах карьера) представляет собой грунтовую дорогу, периодически выравниваемую бульдозером или грейдером.

*Магистральный участок* отличается обычно высокой интенсивностью движения транспорта, его состояние в значительной мере влияет на производительность транспортных средств. В связи с этим следует периодически выравнивать, уплотнять и улучшать добавками или обрабатывать вяжущими. Целесообразно применение инвентарных покрытий (деревянное колейного типа, железобетонные плиты и т. д.).

Уклоны пути не должны быть круче 0,08. Выезды из карьера могут иметь уклоны до 0,15. Размещать их по периметру карьера следует: для скреперов – не реже чем через 100 м, для автотранспорта – 250 м.

На болотах с мощностью торфа до 2 м дороги и дамбы также целесообразно отсыпать из резервов минерального грунта, подстилающего торф, чем исключается транспортировка грунта. При этом вдоль трассы экскаватор разрабатывает резерв, укладывая торф (вскрыша) в отвал на противоположную от дороги сторону резерва, а минеральный грунт – в насыпь. В резерве через 30...60 м целесообразно оставлять перемычки для уменьшения объема работ при черпании из-под воды. В последующем, после профилирования земляного полотна, резерв засыпается вынутым торфом, а оставшаяся часть выемки после придания ей соответствующего профиля используется как кюветный канал.

При строительстве профильных насыпей (грунтовых плотин, дамб, земляного полотна дорог) наиболее рационально использовать грунт из профильных выемок – котлованов под сооружения, каналов. В случае большого разнообразия выемок и насыпей для выявления наиболее рационального варианта использования грунтов составляют баланс грунтовых масс в виде специальной таблицы или схемы (табл. 5.1).

При отсутствии профильных выемок, а также если грунт из выемок не пригоден для использования в насыпи, необходимое количество грунта берут из карьера (резерва).

*Карьер* – сосредоточенная непрофильная выемка, предназначенная для добычи горных пород (грунтов) открытым способом и использования их при строительстве насыпных сооружений.

Таблица 5.1. Ведомость баланса грунтовых масс

Выемки		Насыпи			
Наименование	Объем	Отвал грунта	Земляная часть плотины	Времен- ный отвал	Обратная засыпка
Котлован	$V_1$	$V_1$	$V_3$	$V_6$	–
Карьер	$V_{II}$	–	$V_4$	–	$V_8$
Отводящий канал	$V_{III}$	$V_2$	$V_5$	$V_7$	–
Из временных отвалов	$V_{IV}$	–	–	–	$V_9$
...	...	...	...	...	...
	$\sum V_{в} / \sum V_{н}$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$

*Резерв* – линейно-протяженная выемка вдоль протяженной насыпи (дамба, дорога), в которой берут грунт для использования в насыпи.

Объем грунта, который следует взять в карьере:

$$W_{к} = W_{н} - W_{п},$$

где  $W_{н}$  – профильный объем насыпи, м<sup>3</sup>;

$W_{п}$  – объем грунта из профильных выемок, м<sup>3</sup>.

Объем с учетом уплотнения грунта в насыпи

$$W_{к} = W_{к} \frac{\gamma_{н}}{\gamma_{е}} k_{п},$$

где  $\gamma_{н}$ ,  $\gamma_{е}$  – плотность грунта соответственно проектная в насыпи и в естественном сложении;

$k_{п}$  – коэффициент, учитывающий потери грунта в процессе транспортировки из карьера в насыпь.

Площадь карьера в среднем сечении по его глубине

$$F_{к} = \frac{W_{к}}{H_{к}},$$

где  $H_{к}$  – средняя толщина слоя пригодного грунта в карьере.

Карьер должен располагаться по возможности ближе к месту укладки, с тем расчетом, чтобы груженный ход транспортных средств происходил преимущественно под уклон. Для плотин с небольшой длиной по гребню карьеры обычно размещают на коренных берегах, а при большой длине – в пойме вдоль тела насыпи, при этом сокращается дальность возки. В последнем случае следует иметь в виду, что нельзя выбирать грунт до слоев с большими коэффициентами фильтрации при размещении карьера в верхнем бьефе. Важно также располагать карьер не ближе 50 м от подошвы верхового откоса плотины. Это необходимо

для обеспечения статической устойчивости насыпи. Карьер в нижнем бьефе следует располагать от уреза воды не ближе чем  $(8...10) H$  ( $H$  – разность отметок уровня воды в верхнем бьефе и подошвы карьера). После выбора места расположения карьера, учитывая площадь по среднему сечению, определяют размеры карьера на поверхности земли.

Размеры резервов определяют аналогично, оперируя удельными объемами на 1 м насыпи. Для разработки грунта в карьерах и резервах используют преимущественно скреперы и одноковшовые экскаваторы с оборудованием прямой лопаты, не исключаются драглайн и обратная лопата, особенно с гидроприводом.

Отсыпка дорожных насыпей возможна следующими способами:

1. Из привозного грунта автомобилями – стоимость при этом в 4...8 раз больше, чем бульдозерами из резервов.

2. Из притрассового резерва бульдозерами или грейдерами в два слоя. Высокие дамбы (~2,5 м) – бульдозерами в два яруса по четыре слоя каждый. Рекомендуется траншейный способ разработки.

Возможна отсыпка с одновременным разравниванием, при этом грунт частично уплотняется гусеницами бульдозера.

При использовании автогрейдеров разработку резерва следует начинать от его внутренней бровки. Необходимо обращать особое внимание на первое зарезание-пробивку. Борозда, проведенная первым ходом, определяет направление последующих проходов и дает возможность выдерживать правильные размеры резерва. Разбивка первого хода сводится к установке кольев на расстоянии от оси

$$A = \frac{B}{2} + mh + \frac{l}{2} \sin \alpha$$

и между ними 25...30 м. Работа ведется тремя захватками по 200...300 м.

3. Из притрассового резерва скреперами. Движение скрепера выполнять «змейкой». Толщину стружки рекомендуется постепенно уменьшать, целесообразна шахматно-гребенчатая схема. Отсыпка выполняется от бровки к середине насыпи.

4. Грунтом из каналов при их устройстве на минеральных грунтах.

5. Вдоль каналов и из резервов экскаваторами на торфяных грунтах.

5.1. Слой торфа при разработке канала укладывается налево (на обратную от дороги сторону), подстилающий грунт – частично в насыпь для первого слоя насыпи, частично – в кавальер для второго слоя.

Если объема минерального грунта из канала недостаточно, его можно взять из притрассового резерва на противоположной стороне

насыпи. Рекомендуется оставлять перемычки в резерве. После устройства насыпи резерв засыпается торфом с устройством кювета.

Практически исключается операция по уплотнению грунта: грунт находится в насыщенном водой состоянии, а при обезвоживании (высыхании) самоуплотняется. В контактном слое между торфом и песком содержится большое количество окислов и при обезвоживании образуются прочные цементационные связи. Поэтому такой грунт имеет большую прочность, чем такой же по механическому составу из карьера.

Так как после отсыпки дороги резерв засыпается, то взятый из него объем минерального грунта частично или полностью компенсируется объемом торфа из канала с дополнительным перемещением бульдозером во временный кавальер или срезкой с прилегающей территории. При большой глубине торфа возможна доставка недостающего грунта автотранспортом из карьера.

5.2. В качестве варианта может быть рекомендовано следующее: первый экскаватор снимает слой торфа и укладывает его в основание насыпи, второй – частично на слой торфа, частично – в кавальер.

5.3. Экскаватор разрабатывает грунт (торф) в канале или резерве и укладывает его во временный кавальер (зимой) для просыхания, одновременно из привозного минерального грунта устраивается часть сечения дамбы (первая очередь) – послойно с уплотнением пневмокатами высотой 1,5 м.

В летний период экскаватором, движущимся по отсыпанной части дамбы, торф из временного кавальера перемещается в ядро слоями 25...40 см с уплотнением 6...10 проходами трактора по одному следу (вторая очередь) (рис. 5.4).

Во избежание разуплотнения торфа предусматривается пригрузка торфяного ядра привозным минеральным грунтом слоем 0,7 м по верху и 0,5 м по откосу (третья очередь).

Через 3...4 месяца после завершения осадки основания и усадки тела дамбы выполняется профилирование и крепление откосов.

6. При устройстве дорожной насыпи на болотах и необходимости большого объема выторфовки есть производственный опыт использования взрывного способа. В таком случае на переднем фронте насыпи создается резерв отсыпкой привозного грунта (рис. 5.5).

При взрыве заряда взрывчатого вещества торфяная залежь приходит в разжиженное состояние и вследствие уменьшения угла внутреннего трения грунта резерва и собственной силы тяжести происходит его посадка на минеральное дно.

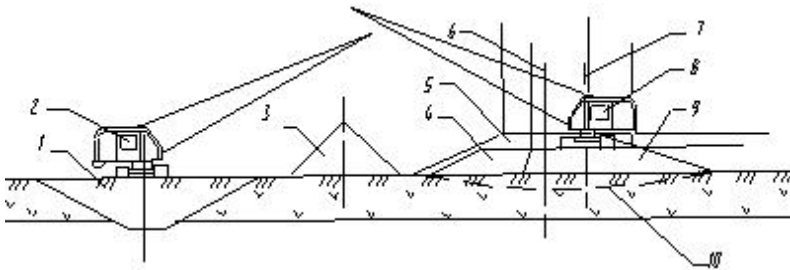


Рис. 5.4. Конструкция дамбы и технологическая схема ее устройства:  
 1 – притрассовый резерв торфяного грунта; 2 – позиция экскаватора при разработке грунта в резерве; 3 – отвал торфяного грунта; 4 – ядро из торфа (вторая очередь строительства); 5 – пригрузка минеральным грунтом (третья очередь строительства); 6 – основная ось сооружения; 7 – ось первой очереди строительства сооружения; 8 – позиция экскаватора при укладке торфа в ядро; 9 – первая очередь строительства дамбы; 10 – линия возможной осадки основания

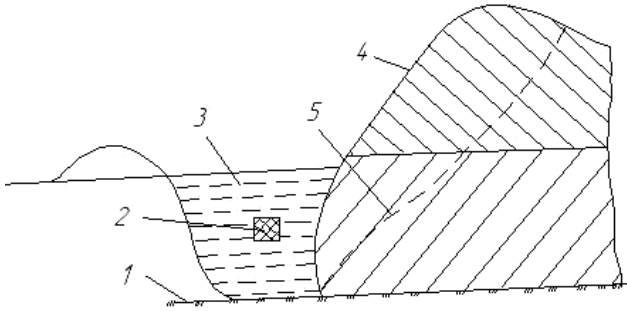


Рис. 5.5. Схема посадки насыпи на минеральное основание:  
 1 – минеральное основание; 2 – заряд взрывчатого вещества;  
 3 – разжиженный взрывом торф; 4 – призма обрушения;  
 5 – граница оползания призмы обрушения

**Производство работ экскаваторами с оборудованием прямой лопата.** Короткая стрела (примерно в 2 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 и применения в горнодобывающей промышленности специальных вскрывных прямых лопат с длинной стрелой.

Ковш прямой лопаты заполняется грунтом при движении вверх вдоль откоса забоя по криволинейной траектории, а поверхность откоса получается криволинейной (рис. 5.6).

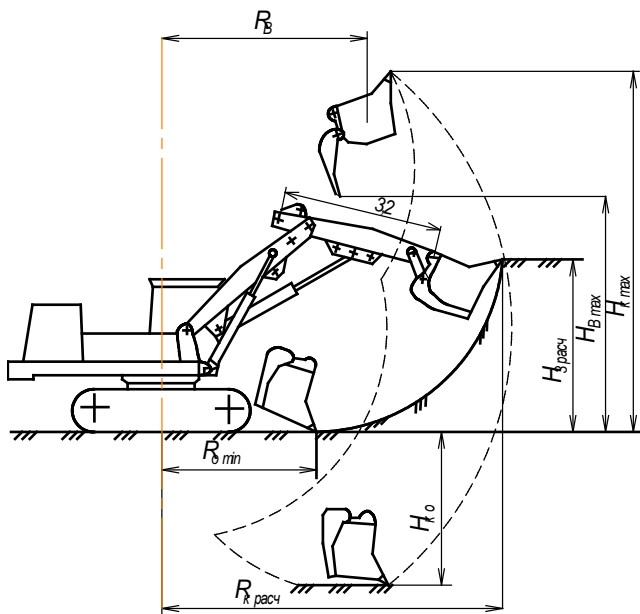


Рис. 5.6. Рабочие параметры прямой лопаты

Радиус копания прямой лопаты – расстояние от зубьев ковша до оси поворота экскаватора – величина, переменная по высоте.

Наиболее характерные радиусы копания – наибольший и на уровне стояния. Каждый из них имеет два значения: минимальное  $R_{к\ min}$  и  $R_{0\ min}$  при втянутом положении рукояти до отказа назад и максимальное  $R_{к\ max}$  и  $R_{0\ max}$  при выдвигении рукояти вперед напорным механизмом. Значение их зависит также от угла наклона стрелы. Наибольший радиус копания экскаватора измеряют 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 копания на уровне стояния прямой лопаты определяется расстоянием от оси экскаватора до точки касания земли зубьями ковша. Точка касания находится примерно на вертикали, проходящей через ось напорного вала.

Высота забоя прямой лопаты имеет три характерных значения: минимальное, нормальное, максимальное. Минимальная высота забоя прямой лопаты соответствует глубине выемки, при которой достигается заполнение ковша за одно черпание. Ее можно определить по формуле

$$H_{з \text{ min}} \approx \frac{qK_n}{K_p h b_k},$$

где  $q$  – вместимость ковша, м<sup>3</sup>;

$K_n, K_p$  – коэффициенты наполнения ковша и разрыхления грунта;

$h$  – толщина срезаемой стружки, м;

$b_k$  – ширина ковша, м.

На легких грунтах с малым сопротивлением копанию толщина стружки может быть большая, что позволяет сократить длину набора. В тяжелых грунтах из-за малой толщины стружки минимальная высота забоя будет больше.

В среднем нормальная высота забоя прямой лопаты равна высоте напорного вала  $h_{н.в}$  над уровнем стояния экскаватора, а для экскаваторов с гидроприводом – высоте расположения шарнира «стрела – рукоять» при заданном положении стрелы.

Максимальная высота забоя соответствует наибольшей возможной высоте подъема ковша над уровнем стояния экскаватора. При высоте забоя, превышающей наибольшую высоту резания грунта экскаватором, сверху образуется так называемый козырек, особенно в связных и влажных грунтах. При обрушении козырька могут быть нанесены повреждения как механизмам, так и обслуживающему персоналу.

Наибольший радиус выгрузки  $R_{в \text{ max}}$ , так же как и радиус резания, измеряют при положении зубьев ковша на уровне оси напорного вала (см. рис. 5.6). Этому же положению соответствует нормальная высота выгрузки  $H_{в}$ , измеряемая от уровня стояния экскаватора до нижней кромки открытого, свободно висящего днища ковша. При максимально поднятом вверх ковше будет наибольшая высота выгрузки  $H_{в \text{ max}}$  и соответствующий ей радиус выгрузки  $R_{в}$ .

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, которую совмещают с осью выемки (рис. 5.7, а). Разрабатываемый грунт грузят 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 (рис. 5.7, з). Грунт выгружают в

транспортные средства, размещаемые либо на уровне стояния экскаватора, либо несколько выше на уступе, причем ось передвижения транспортных средств располагают параллельно оси хода экскаватора. Этот вид разработки возможен при широкой выемке, осуществляемой за два и более прохода.

Ширина выемки по верху при лобовом забое может колебаться в значительных пределах:

$$B_{\text{л}} = (0,8...1,9) R_{\text{к}}$$

При ширине забоя по верху  $(0,8...1,5) R_{\text{к}}$  безрельсовые транспортные средства (самосвалы) подают с одной стороны сзади экскаватора (рис. 5.7, а), а при ширине по верху  $(1,5...1,9) R_{\text{к}}$  – с обеих сторон экскаватора попеременно, что исключает простои экскаватора при смене транспортных единиц и уменьшает среднее значение угла поворота (рис. 5.7, б). В некоторых случаях для сокращения холостых проходов экскаватора и облегчения условий маневрирования автосамосвалов можно применить уширенный до  $2,5R_{\text{р}}$  лобовой забой с перемещением экскаватора по зигзагу (рис. 5.7, в). Заметим, что приведенные рекомендации не имеют существенного практического значения, так как при разработке грунта в строительных карьерах объем лобового забоя относительно невелик в общем объеме выемки.

При ширине выемки, превышающей  $2R_{\text{р}}$ , разработку грунта осуществляют при боковом забое прямыми лопат, когда экскаватор черпает грунт преимущественно с одной стороны от оси перемещения и частично впереди себя (рис. 5.7, г).

С одной стоянки экскаватор может выбрать грунт впереди себя на длину не больше чем длина напорного хода рукоятки  $l_{\text{н}}$ , а для экскаваторов с гидроприводом – не больше разности наибольшего и наименьшего радиусов копания на уровне шарнира «стрела – рукоять». В связи с тем что эта длина используется, шаг экскаватора

$$S = (0,75...0,80) l_{\text{н}}$$

Чтобы уменьшить недоборы по откосу уступа, не допускают работу экскаватора с предельными значениями радиусов копания. Тогда с учетом длины шага экскаватора расстояние от оси экскаватора до бровки откоса забоя (рис. 5.7, г) не может быть больше

$$B_1 = \sqrt{R_{\text{к}}^2 - S^2}.$$

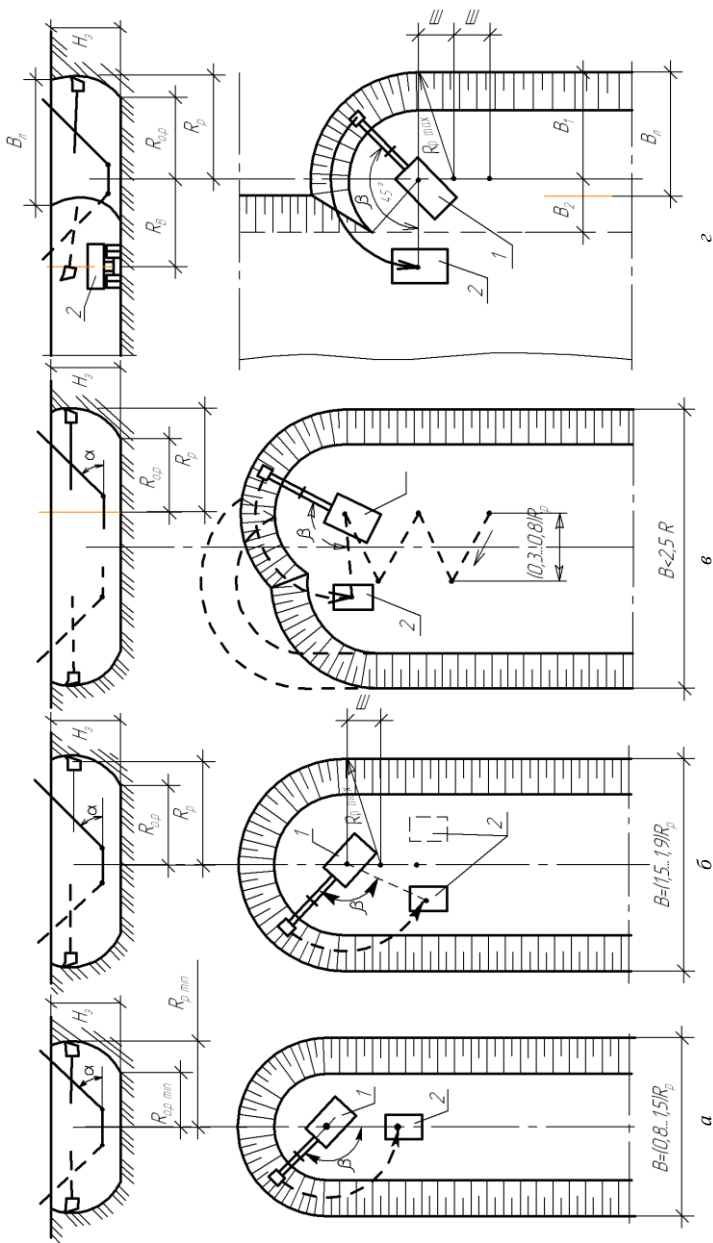


Рис. 5.7. Забор экскаваторов с рабочим оборудованием прямой лопатой:

*a* – продольный (лобовой) с подъездом транспортнх средств в один ряд; *б* – то же, в два ряда; *в* – уширенный торцевой с перемещением экскаватора по зигзагу; *г* – боковой (поперечный); *1* – экскаватор; *2* – транспортное средство

Вести разработку грунта в сторону транспортных средств нецелесообразно с поворотом в плане на угол более  $45^\circ$ , так как при большом угле затрудняется набор грунта, который отодвигается в выработанное пространство, за пределы радиуса копания экскаватора. В связи с этим расстояние от оси экскаватора до подошвы забоя со стороны транспортных средств не должно быть больше

$$B_2 = R_{0 \max} \sin \frac{\pi}{4} = \frac{R_{0 \max}}{\sqrt{2}},$$

где  $R_{0 \max}$  – наибольший радиус копания на уровне стояния экскаватора. Следовательно, наибольшая ширина ленты при боковой разработке

$$B_{\text{л}} = B_1 + B_2 - (R_{\text{к}} - R_{0 \max}).$$

При боковом забое транспортные средства могут размещаться не только на уровне стояния экскаватора, но и выше его (рис. 5.8, б) на уступе со стороны выработанного пространства, на поверхности земли (при небольшой глубине выемки).

Во всех таких случаях высота уступа, на котором размещаются транспортные средства, не может быть больше

$$h_{\text{y}} = H_{\text{в max}} - h_{\text{г}} - d,$$

где  $H_{\text{в max}}$  – наибольшая высота выгрузки экскаватора, м;

$h_{\text{г}}$  – высота бортов кузова от поверхности, м;

$d = 0,5 \dots 0,8$  м – запас над бортом кузова.

Транспортные средства следует размещать на некотором расстоянии от подошвы откоса ( $0,5 \dots 1,0$  м), а также вне зоны обрушения грунта, если они стоят на уступе выше экскаватора.

Среднее значение угла поворота в плане определяется между направлениями на центр тяжести разрабатываемой части грунта в центр тяжести места выгрузки (рис. 5.7).

Возможность опускания рукояти ниже уровня стояния экскаватора позволяет ему самостоятельно войти в забой без помощи других механизмов (рис. 5.8, а). Заглубление происходит с постепенным продвижением вперед при уклоне пути не более  $1:8 \dots 1:10$ . Образовавшаяся траншея дает возможность пройти следующую ленту с большей глубиной, так как транспортные средства уже могут перемещаться по дну первой (пионерной) траншеи.

Если проектная глубина выемки значительно превышает максимальную глубину резания экскаватора, то разработку ведут в нескольких ярусах, число которых определяется по формуле

$$n_{\text{я}} = \frac{H}{H_{\text{р max}}},$$

где  $n_{\text{я}}$  – число ярусов разработки с округлением до большего целого;  
 $H$  – глубина выемки;  
 $H_{\text{р max}}$  – максимальная глубина резания принятым экскаватором.

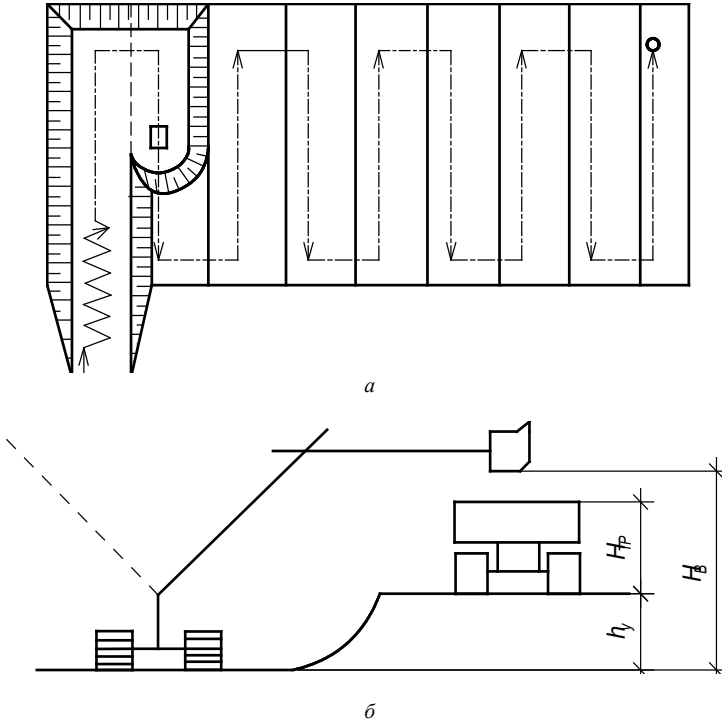


Рис. 5.8. Разработка прямыми лопатами выемок с большими размерами поперечных сечений: *a* – план выемки с разбивкой на ленты разработки; *б* – схема разработки грунта в пионерных лентах с заглужением транспортных путей

Число полных лент ( $n_{\text{л}}$ ) разработки в каждом ярусе, не считая пионерной траншеи:

$$n_{\text{л}} = \frac{B - B_{\text{п}}}{B_{\text{л}}},$$

где  $B$  – ширина выемки в каждом ярусе по верху;

$B_n$  – ширина первой ленты разработки (пионерной траншеи);

$B_d$  – принятая ширина одной ленты разработки.

### ***Производство работ скреперами.***

Скреперы используют для перемещения грунта на расстояние от 100 до 5000 м, для разработки и укладки грунта в земляные сооружения различных типов; снятия и перемещения растительного слоя; полойного разравнивания грунта; для вскрышных работ и работ, связанных с подготовкой оснований сооружений; для планировочных работ на строительных площадках. Их применяют для разработки талых грунтов I и II групп, грунтов с каменистыми включениями.

Наиболее часто используют скреперы с вместимостью ковша 3...15 м<sup>3</sup>. В мировой практике производства земляных работ используют скреперы с вместимостью ковша до 60 м<sup>3</sup>.

В мелиоративном строительстве наибольшее применение скреперы находят на строительстве широких каналов при глубине выемки до 4...5 м, а также на строительстве земляных плотин и других сооружений из насыпного грунта (участки каналов в насыпи, защитные дамбы и т. д.).

Грунты при разработке их скреперами разбиты на четыре группы. Грунты IV группы предварительно необходимо рыхлить, также следует рыхлить высохшие и отвердевшие суглинистые грунты, глины.

При разработке супесей и суглинков ковши скреперов загружаются с «шапкой» и разгружаются полностью. Легкие песчаные грунты без валунов в скреперный ковш загружаются не полностью, а лишь на 60...70 %.

На липких и переувлажненных грунтах работа скреперов малопродуктивна вследствие прилипания грунта к днищу и стенкам ковша. Не разрабатывают скреперами грунт ниже уровня грунтовых вод, влажные, связные грунты, грунты с содержанием крупных каменистых включений, при наличии пней, крупных камней.

Скреперы подразделяются на прицепные (с объемом ковша 3...10 м<sup>3</sup>), полуприцепные (4,5...5,0 м<sup>3</sup>) и самоходные (8...25 м<sup>3</sup>).

Прицепные и полуприцепные скреперы наиболее эффективны при транспортировке грунта на расстояние до 1000 м, а самоходные – на расстояние до 5000 м.

Рабочий орган скрепера – ковш с ножевым устройством, который осуществляет послойное резание грунта с одновременным набором его в ковш.

Главным параметром скрепера является вместимость ковша, а основными технологическими параметрами – грузоподъемность, ширина и глубина резания, толщина отсыпаемого слоя.

***Технология разработки грунтов скреперами. Способы разработки, схемы рабочих перемещений и их характеристика.***

Рабочий цикл скрепера состоит из порожнего хода, загрузки ковша, груженого хода и разгрузки.

При выборе скреперов необходимо учитывать: грунтовые условия; влажность грунтов (при наличии грунтовых вод (ГВ) скреперы применять нельзя); дальность перемещения грунта; уклоны пути по местности и выездов из выемки и на насыпь; размеры выемки и насыпи – скрепер должен иметь ширину режущей кромки не более ширины разрабатываемой выемки по дну и свободно перемещаться 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 практического значения радиуса поворота; общий объем работ и объем работ, приходящийся на один скрепер.

Для небольших объемов земляных работ и для работ в стесненных условиях выгоднее применять скреперы с малой вместимостью ковша, для больших сосредоточенных объемов работ на одном объекте – скреперы с большой вместимостью ковша, при больших дальностях возки – самоходные скреперы.

Эффективность перемещения грунта скреперами в большой степени зависит от состояния путей и дорог. С ухудшением дорожных условий снижается эффективность использования самоходных скреперов, поэтому выгоднее применять менее требовательные к дорогам – цепные к гусеничным тягачам.

Разработка грунта в выемке возможна продольным и поперечным способами.

При продольном способе грунт разрабатывают в направлении, параллельном оси сооружения, ширина сооружения меньше либо равна минимально возможному расстоянию, необходимому для выполнения первого элемента цикла:

$$B \leq L_{\min}.$$

Минимальная длина прямолинейного участка пути для набора грунта должна быть не менее

$$L_{\min} = L_{\text{н}} + L_{\text{скр}} + L_{\text{тяг}},$$

где  $L_{\text{н}}$  – длина набора грунта в ковш скрепера;

$L_{\text{скр}}$ ,  $L_{\text{тяг}}$  – длина соответственно скрепера и тягача.

Длина (м) пути набора грунта

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

Длина (м) пути выгрузки грунта

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

где  $q$  – геометрическая вместимость ковша, м<sup>3</sup>;

$K_{\text{н}}$  – коэффициент наполнения ковша грунтом;

$K_{\text{п}}$  – коэффициент потерь грунта при наборе,  $K_{\text{п}} = 1,2$ ;

$K_{\text{н}}$  – коэффициент неравномерности толщины стружки,  $K_{\text{н}} = 0,7$ ;

$K_{\text{р}}$  – коэффициент разрыхления грунта;

$h$  – средняя толщина стружки грунта за время набора, м;

$h_{\text{сл}}$  – средняя толщина слоя отсыпки грунта в насыпь, м;

$b_{\text{н}}$  – ширина полосы захвата грунта ножами скрепера, м.

Поперечный способ применяют при ширине выемки, достаточной для набора грунта. Скрепер снимает ковшом стружку грунта толщиной 0,12...0,35 м (0,40 м). Набор грунта производят при прямолинейном движении скрепера или движении под уклон. При разработке плотных грунтов для увеличения толщины стружки, полного и быстрого набора грунта применяют тракторы-толкачи, число их зависит от типа скрепера, вместимости ковша и дальности транспортировки (1 толкач на 2...6 скреперов).

Способы набора грунта скреперами (в зависимости от его вида):

а) *тонкой прямой* стружкой постоянной толщины, применяют на связных грунтах при работе под уклон;

б) *клиновой* стружкой переменной толщины – при разработке связных грунтов на горизонтальных участках;

в) *гребенчатой* стружкой с переменным заглублением и выглублением ковша – при разработке сухих суглинистых и глинистых грунтов на горизонтальных участках;

г) *клевковой* стружкой (разновидность гребенчатого способа) – при разработке сухих песчаных и супесчаных грунтов.

Схемы движения скреперов могут быть различными. В зависимости от взаимного расположения мест разработки и укладки грунта и от условий производства работ используют несколько рабочих схем: эллиптическую, спиральную, восьмеркой, зигзагообразную, челочно-поперечную и челочно-продольную.

Эллиптическая схема (рис. 5.9, а) эффективна при разработке выемок глубиной 4...6 м и возведении насыпей высотой 4...6 м на ли-

нейно-протяженных участках длиной 50...100 м, когда не требуются съезды и выезды на площадку планировки. В общем случае схема используется при планировочных работах, при разработке неглубоких выемок и укладке грунта в резервы. За каждый цикл производится один набор грунта и одна разгрузка.

Восьмерка (рис. 5.9, б) – разновидность эллиптической схемы. Применяется при большом объеме работ, возведении насыпей высотой 4...6 м из боковых резервов, разработке протяженных выемок глубиной 4...6 м и планировке площадок. Схема эффективна на площадках со сложным рельефом, при наличии нескольких зон выемки грунта или насыпи и длине участков работ до 200 м. За каждый цикл машина дважды набирает и разгружает грунт, поэтому имеется возможность чередовать повороты при движении, за счет чего сокращается время цикла работы.

Спиральная (кольцевая) (рис. 5.9, в) – разновидность эллиптической схемы. Используется для возведения широких насыпей высотой 2,0...2,5 м из двухсторонних резервов, при разработке широких выемок глубиной до 2,5 м. Схему можно применять при устройстве насыпей шириной не менее длины пути разгрузки ковша. При этом основное движение скреперов производится перпендикулярно оси возводимого сооружения, что уменьшает дальность транспортировки грунта.

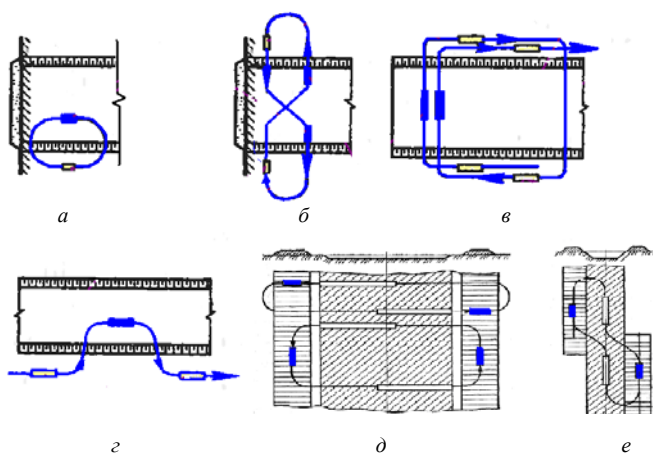


Рис. 5.9. Схемы движения скрепера:  
 а – по эллипсу; б – по восьмерке; в – спиральная; г – зигзагообразная;  
 д – челночно-поперечная; е – челночно-продольная

Зигзагообразная схема (рис. 5.9, з) используется для возведения протяженных насыпей (дорог, плотин) высотой 2,5...6,0 м из грунтов односторонних и двухсторонних резервов и разработки выемок глубиной 2,5...6,0 м. При этом длина участка работ может быть не менее 200 м. При такой схеме уменьшается число поворотов, сокращается продолжительность цикла.

Челночно-поперечная схема (рис. 5.9, д) применяется при возведении насыпей из двухсторонних выемок, а также при разработке выемок на глубину до 1,5 м с перемещением грунта в двухсторонние отвалы. Набор грунта осуществляется перпендикулярно оси выемки при движении скрепера как в одну, так и в другую сторону. Схема сокращает число поворотов скрепера, длину пути груженого и порожнего хода.

Челночно-продольная схема движения скреперов (рис. 5.9, е) используется при возведении высоких насыпей (4...6 м) с откосами не более  $45^\circ$  с транспортировкой грунта из двухсторонних резервов или русла будущего канала. Схема позволяет сократить до минимума длину порожнего хода, произвести за один цикл две отсыпки и сократить число поворотов.

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

При разработке скреперами котлованов или карьеров грунта для насыпных плотин пути перемещения прокладывают из условия наименьшей дальности возки и с наиболее благоприятными уклонами.

Если полная высота подъема из выемки или на насыпь невелика, то скреперные агрегаты могут свободно преодолевать эти подъемы без специальных вездов. Предельное значение высоты подъема для цепных скреперов составляет 0,5...1,0 м. Следует избегать движения скреперных агрегатов по неуплотненным откосам свежотсыпанных насыпей, на которых происходит зарывание в грунт гусениц и колес тягача и скрепера.

Предельные уклоны участков путей для движения скреперов: подъемы – 0,12...0,15; спуски – 0,25...0,30; поперечные уклоны путей – 0,08...0,12.

С откосами выемки или насыпи выезды могут сопрягаться под прямым углом к бровкам или располагаться вдоль откоса. Число выездов и частота их размещения влияют на объем дополнительных работ.

При строительстве линейно-протяжных объектов (каналов, дамб, дорог) выезды и съезды размещают на расстояниях, кратных длине набора.

**Транспортирование грунта.** Разработка грунта любыми механическими средствами (экскаваторами, бульдозерами, скреперами) сопровождается перемещением грунта. Расстояние перемещения определяется требованиями строительного проекта и техническими возможностями машин. Например, одноковшовый экскаватор может перемещать грунт в пределах своего радиуса выгрузки, бульдозеры и скреперы – соответственно до 100 и 800...1000 м. Таким образом, если условиям производства работ удовлетворяют землеройные и землеройно-транспортные машины, их применяют и для разработки, и для транспортирования грунта (рис. 5.10).

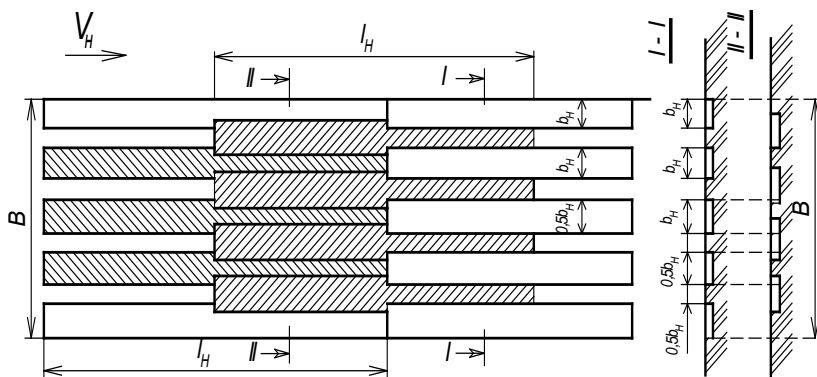


Рис. 5.10. Шахматно-гребенчатая схема набора грунта с переменной шириной стружки

В случае если возможности землеройных и землеройно-транспортных машин не соответствуют требуемой дальности перемещения грунта, приходится использовать специальные средства транспорта.

В условиях мелиоративного и водохозяйственного строительства, как правило, используются циклические средства транспорта – автомобильный и тракторный. Другие виды – железнодорожный и конвейерный – практически не применяются.

При комплектовании экскаваторов с автосамосвалами рекомендуется, чтобы в кузове транспортного средства помещались 5...8 ковшей погрузочной машины (экскаватора). При большом количестве увеличивается простой транспортных средств под загрузкой, а при меньшем – увеличивается их количество и ухудшаются условия загрузки (например, при количестве ковшей 1...2 увеличиваются нагрузки на автомобиль при загрузке).

Тракторный транспорт – тракторы колесные и гусеничные с прицепами – отличаются высокой производительностью в связи с большой грузоподъемностью, возможностью применения на объектах с разными объемами работ, меньшей требовательностью к дорогам и зависимостью от погодных условий по сравнению с автомобилями, возможностью применения на путях с большими уклонами. Однако вследствие относительно небольших скоростей применение тракторного транспорта ограничено малыми дальностями возки грунта.

Вариантом тракторного транспорта является скреперный, когда непосредственный набор скрепером невозможен, а их загрузка осуществляется экскаватором. Окончательный выбор комплекта «экскаватор – транспортные средства» осуществляется на основании теоретико-экономического сравнения вариантов.

Производительность циклических транспортных средств зависит не только от параметров транспортных средств, но и от условий объекта: способа погрузки грунта, дальности перемещения его, состояния дорог, рельефа местности.

Техническую производительность автосамосвала или тракторного поезда можно определить по формуле

$$\Pi_{\tau} = \frac{60Q_{об}}{T},$$

где  $Q_{об}$  – объем грунта в кузове (или кузовах), приведенный к объему его в плотном теле, м<sup>3</sup>;

$T$  – продолжительность одного цикла транспортной единицы, мин.

$$Q_{об} = \frac{G_{\tau}}{\gamma_e},$$

где  $G_{\tau}$  – грузоподъемность транспортного средства, т;

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

При малом значении отношения вместимости кузова транспортной машины к вместимости ковша погрузочной машины загрузку транспортных средств необходимо проверять исходя из целого числа ковшей  $m$ . Число ковшей для загрузки

$$m = \frac{Q}{\gamma_e q \frac{K_n}{K_p}},$$

где  $q$  – геометрическая вместимость ковша экскаватора, м<sup>3</sup>.

Принимать следует целое число ковшей (меньшее). Тогда

$$Q_{об} = \frac{mqK_n}{K_p}.$$

Продолжительность цикла

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5,$$

где  $t_1$  – продолжительность подачи под погрузку, принимаемая равной 0,5...1,0 мин;

$t_2$  – продолжительность погрузки, мин;

$t_3$  – продолжительность груженого хода, мин;

$t_4$  – продолжительность разгрузки вместе с маневрированием, для саморазгружающихся средств транспорта  $t_4 = 1 \dots 3$  мин, в зависимости от грузоподъемности;

$t_5$  – продолжительность порожнего хода, определяемая так же, как  $t_3$ , мин.

Продолжительность погрузки определяется следующим образом:

$$t_2 = \frac{60Q_{об}K}{\Pi_m},$$

где  $K$  – коэффициент увеличения продолжительности погрузки из-за случайных задержек, принимаемый равным 1,1;

$\Pi_m$  – техническая производительность землеройной машины в карьере, м<sup>3</sup>/ч.

Продолжительность груженого хода

$$t_3 = \left( \frac{l_1}{v_1} + \frac{l_2}{v_2} + \dots + \frac{l_n}{v_n} \right) K_{зам},$$

где  $l_1, l_2, \dots, l_n$  – длины участков пути с разными условиями (уклоны, покрытия, состояние), м;

$v_1, v_2, \dots, v_n$  – скорости на соответствующих участках пути, определяемые тяговыми расчетами или по табличным данным, м/мин;

$K_{зам}$  – коэффициент замедления при разгоне и торможении, зависит от дальности передвижения (для автомобиля при дальности возки 1 км  $K_{зам} = 1,05$ , при 0,5 км – 1,1 и при 0,25 км – 1,2).

Если невозможно учесть условия пути на разных участках, продолжительность груженого или порожнего хода определяют по средней скорости движения автомобилей:

$$t_3 \approx t_5 = \frac{L}{v_{\text{сп}}}$$

Число транспортных единиц на одну землеройную или погрузочную машину определяют по формуле

$$n = \frac{\Pi_{\text{м}}}{\Pi_{\text{т}}} = \frac{T}{t_2}$$

### 5.3. Укладка грунта в тело сооружения

Возведение однородных грунтовых плотин (без противотрещинных элементов) начинают с отсыпки грунта в наиболее пониженные участки горизонтальными или слабонаклонными (в уклоне до 0,5 % в сторону верхнего бьефа) слоями для обеспечения стока атмосферных осадков (чтобы подготовленный к укладке грунт не переувлажнялся). При наличии зуба глубокого сопряжения плотины с основанием работы начинают с его устройства. Вначале устраивается траншея с перемещением вынутаго грунта за пределы насыпи, или если грунт пригоден для использования в насыпи – его разравнивают. Укладка грунта в траншею выполняется горизонтальными слоями в общем порядке укладки грунтов в качественные насыпи.

Если створ плотины пересекает действующий водоток, устройство зуба в пределах русла будет невозможно, поэтому устраивают обводной канал для пропуска строительного расхода, перекрывают русло перемычками и откачивают воду из замкнутого пространства, после чего приступают к устройству траншеи под зуб.

Основание сооружения перед отсыпкой увлажняют (или подсушивают) до оптимальной влажности, а затем уплотняют. Непосредственно перед укладкой первого слоя из связных грунтов гладкую поверхность уплотненного основания рыхлят боронованием на глубину до 5 см. Также рыхлят поверхность каждого уплотненного слоя грунта перед укладкой на него последующего (не требуется при использовании кулачковых или пневматических катков).

Для обеспечения непрерывности процесса возведения сооружения рабочую поверхность насыпи разбивают в плане на равновеликие по площади карты и на каждой последовательно выполняют следующие операции: транспортировка и отсыпка грунта; разравнивание; увлажнение (подсушка); уплотнение. При необходимости состав работ может быть дополнен или сокращен. Так, грунт с оптимальной естест-

венной влажностью не требуется доувлажнять. Связный грунт доувлажняют в карьере, что также исключает доувлажнение на карте. При использовании скреперов совмещаются операции по отсыпке и раз-равниванию грунта.

Площадь карты определяется по формуле

$$f_k = \frac{\Pi_{\text{сут}}}{h_{\text{сл}}},$$

где  $\Pi_{\text{сут}}$  – суточный поток грунта, м<sup>3</sup>/сут;

$h_{\text{сл}}$  – толщина слоя отсыпки.

Длина карты ограничивается наименьшей протяженностью уплотняемого участка и зависит от типа катка и принятой схемы его движения. Ее назначают обычно от 50 до 100 м при использовании самоходных катков, до 200 м – прицепных. Надо иметь в виду, что чем длиннее карта, тем эффективнее используются катки. Так, при увеличении длины карты с 50 до 100 м производительность катка возрастает примерно на 40 %. Однако при длине карты больше 300 м прирост производительности резко снижается, поэтому целесообразно назначать ее не более 300 м. Кроме того, надо учитывать, что в сухую и жаркую погоду подготовленный под укладку грунт на карте быстро теряет влажность, а при атмосферных осадках – переувлажняется. Поэтому уплотнение следует вести интенсивно и заканчивать за время, в течение которого потери влаги грунтом будут в допустимых пределах. Ширина карты должна быть удобной для движения и разворотов машин – желательно не менее двух радиусов разворота. Сопряжение карт между собой рекомендуются по откосу не круче 1:2. В плане сопряжения карт, направленным нормально к оси сооружения, целесообразно придавать ломаное очертание. Так как площадь насыпи непрерывно меняется по высоте, то разбивку на карты производят по ярусам через 2...4 м. Число карт, которое может быть размещено на данной отметке:

$$n_k = \frac{F_i}{f_k},$$

где  $F_i$  – площадь насыпи в плане на данной отметке.

$$F_i = B_i L_i,$$

где  $B_i$ ,  $L_i$  – соответственно ширина и длина плотины на данной отметке.

Если количество карт на данной отметке оказывается больше пяти, целесообразно увеличить суточный поток грунта, принимая большее количество скреперов или экскаватор с большей производительностью.

При строительстве дамб и дорог карты размещают одну за другой. В этом случае длина одной карты

$$l_k = \frac{f_k}{B_i}.$$

Доставляемый грунт разгружают по всей площади карты в шахматном порядке конусами и разравнивают полосами. Расстояние между полосами и между конусами отсыпки в полосе должно быть таким, чтобы при разравнивании срезаемый грунт полностью укладывался в промежутке между ними слоем заданной толщины. Бульдозер для разравнивания должен иметь отвал, ширина которого на 10...20 см больше диаметра подошвы конуса. Расстояние между осями полос отсыпки принимают равным ширине отвала бульдозера.

Послойную отсыпку грунта ведут обычно от бровки насыпи к середине, а на переувлажненных и слабых основаниях до высоты 3 м – от середины насыпи к краям, а далее – от краев к середине. Образовавшиеся колеи заравниваются вручную. Рекомендуется движение бульдозера к началу захватки задним ходом с опущенным отвалом.

Расчетную плотность насыпи при ее строительстве следует обеспечивать с минимальной затратой энергии на уплотнение. Между уплотняющей нагрузкой, влажностью и плотностью грунта существует взаимосвязь.

Для каждого грунта и каждой нагрузки существует оптимальная влажность, при которой для его уплотнения требуется минимум механической работы. Частицы сухого грунта из-за сил трения и сцепления оказывают большое сопротивление их уплотнению. По мере увеличения влажности трение уменьшается, и грунт уплотняется при меньшей работе. Однако при увлажнении сверх определенного предела уплотнение затрудняется или делается невозможным. Оптимальная влажность зависит от удельной уплотняющей нагрузки. С увеличением этой нагрузки она уменьшается. Оптимальную влажность и соответствующую ей максимальную плотность определяют опытным путем при разных затратах работы (рис. 5.11).

Значения оптимальной влажности уточняют при опытном уплотнении грунта пробной укаткой.

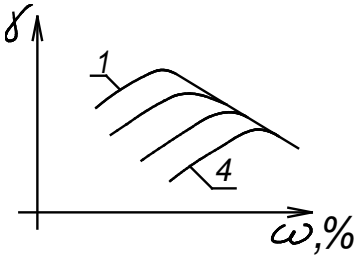


Рис. 5.11. График зависимости плотности грунта от влажности и числа проходов катка:  
 1 – максимальное число проходов катка;  
 4 – минимальное число проходов катка

Влажность грунта в карьере обычно отличается от оптимальной. Если она ниже оптимальной, то производят доувлажнение грунта в карьере или на месте его укладки в сооружение. При влажности выше оптимальной грунт подсушивают на территории карьера или на сооружении, а иногда при промежуточном складировании. Грунты с малым коэффициентом фильтрации (глина, суглинки) обычно доувлажняют в карьере, так как доувлажнение их на сооружении вызовет длительные перерывы в работе и неравномерное распределение дополнительной влаги по толщине и неравномерную плотность по слою грунта.

При доувлажнении грунтов в карьере его поверхность делят на карты, которые планируют, обваловывают дамбочками высотой 0,5...0,6 м и заливают водой. Площадь карты выбирают из условия заполнения ее водой в течение не более 2 суток, ширину – равной ширине 1...2 экскаваторных лент, длину – не более 50 м. Продолжительность промачивания составляет обычно 10...15 суток.

Расход воды ( $\text{м}^3$ ) на доувлажнение  $1 \text{ м}^3$  грунта в карьере

$$q = \gamma_e (\omega_0 - \omega_e + \omega_n),$$

где  $\gamma_e$  – плотность сухого грунта,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;

$\omega_n = 0,010...0,015$  – потери влаги при разработке, транспортировке и укладке.

Несвязные грунты доувлажняют обычно на сооружении при его возведении. Для этого используют поливочные или дождевальные машины. Расход воды на доувлажнение определяют аналогично, но плотность учитывают в рыхлом насыпном состоянии и уменьшают потери влаги.

Грунты представляют собой трехфазную систему, состоящую из твердых минеральных частиц, воды и воздуха. В процессе уплотнения под действием статической и динамической нагрузок происходит сближение частиц грунта вследствие вытеснения воды и воздуха, причем мелкие частицы перемещаются в поры между крупными.

Для послойного уплотнения грунта в качественных насыпях применяются машины статического, вибрационного и динамического действия.

**Машины статического действия** уплотняют грунт собственной силой тяжести в результате кратковременного приложения нагрузки, создаваемой катками при проходке. В грунте при этом возникают необратимые деформации, которые определяют эффект уплотнения. К машинам статического действия относятся катки всех видов, за исключением вибрационных и с падающими грузами. Вальцы или колеса катков могут быть жесткими или эластичными. В первом случае валец при работе не деформируется, а деформируется только грунт. Во втором случае колеса не только сжимают грунт, но и деформируются сами, что увеличивает площадь их контактной поверхности с грунтом и давление по ней распределяется более равномерно.

В зависимости от формы жесткого вальца различают катки гладкие, кулачковые, сегментные и решетчатые.

*Катки с гладким вальцом* применяют для уплотнения несвязных грунтов на глубину 10...25 см, так как при работе на связных грунтах они не позволяют получать равномерное по толщине слоя уплотнение, и поверхность карты получается гладкой, что требует рыхления ее перед отсыпкой следующего слоя. Недосток таких катков – образование при движении волны грунта, что вызывает его перемещение и разуплотняет его структуру. Для уменьшения волнообразования рекомендуется производить предварительную подкатку насыпи легкими катками. Для уплотнения песчаного грунта требуется 6...10 проходов.

*Кулачковые катки* применяют для уплотнения глинистого грунта слоями толщиной до 50 см. Они не рекомендуются при работе зимой при низких температурах, так как перфорированный грунт быстро охлаждается. Эти катки при работе воздействуют сначала своими кулачками на нижнюю часть слоя грунта. Таким образом, уплотнение происходит снизу вверх. С каждой последующей проходкой катка кулачки все меньше проникают в грунт, а валец постепенно приподнимается над поверхностью и каток опирается на грунт только через кулачки. Под каждым кулачком при его погружении в грунт образуется уплотненное ядро. Эти ядра при правильном подборе параметров катка и толщины слоя как бы упираются в плотное, практически недеформируемое основание, которым служит поверхность ранее уплотненного слоя грунта. При последующих проходках происходит уплотнение грунта между ядрами и наращиванием ранее уплотненного слоя в результате уплотнения рыхлого грунта, расположенного над образовав-

шимися при предыдущих проходках ядрами. Применение кулачковых катков способствует подсушиванию грунта на карте, его измельчению. Они эффективны и для уплотнения связных грунтов с пониженной влажностью. Поверхность грунта получается шероховатой, что улучшает без затрат нарыхление сопряжение слоев и почти исключает волнообразование и смещение грунта. При работе на тяжелых (жирных) грунтах с повышенной влажностью требуются остановки для очистки от налипшего грунта. Требуемое число проходов легких катков – 8...10, тяжелых – 4...8.

*Решетчатые катки* служат для уплотнения связных и комковатых грунтов с включениями щебня, мелких валунов, гравийно-песчаных смесей, при работе зимой для уплотнения талого грунта с мерзлыми комьями размером до 35...40 см. Вальцы представляют собой решетку на бортовых и средних кольцах вальца. Они малоэффективны на переувлажненных связных грунтах, особенно зимой, когда переувлажненные комья грунта примерзают к решетке.

**Пневмоколесные катки** – это 3...8 колес автомобильного типа шириной 17...68 см. Зазор между колесами – не более 0,4...0,5 их ширины. Применяются для уплотнения как сыпучих, так и связных грунтов слоями 50...75 см за 4...6 проходов. Необходимое давление на грунт создается как путем увеличения балласта, так и путем изменения давления в шинах. Рекомендуется давление (МПа) при уплотнении песков – 0,2, супесей – 0,3...0,4, суглинков и глин – 0,5...0,6.

**Вибрационные катки** уплотняют грунт путем воздействия на него вибрационных нагрузок. Частицы грунта разной крупности в результате вибрации получают разные ускорения, связь между частицами уменьшается, они приходят в движение, и грунт, оседая, уплотняется. Применяются для уплотнения песков, супесей, гравийно-песчаных и щебеночно-песчаных смесей, гравия и щебня. Существуют с гладким вальцом, кулачковые и пневмоколесные. Катки с металлическим вальцом плохо работают при уплотнении крупнообломочного материала, быстро разрушаются.

Возможно уплотнение попутным проездом транспорта по насыпи. Создаваемое давление достигает 0,45 МПа, при этом за 6...10 проходов достигается требуемое уплотнение. Необходимо так организовать движение, чтобы обеспечить равномерное уплотнение по всей площади.

Эксплуатационная производительность катков зависит от ширины захвата катка  $B$ , скорости движения агрегата  $v_{cp}$ , толщины уплотняемого слоя  $h$ , количества проходов по одному следу  $n$ , необходимого для получения требуемой плотности:

$$\Pi_3 = \frac{Fh}{t} = \frac{B/Lh}{tm} = \frac{1000B\varphi v_{cp}h}{n} K_B,$$

где  $\varphi$ ,  $K_B$  – коэффициенты соответственно перекрытия смежных полос (0,85) и использования рабочего времени;

$v_{cp}$  – рабочая скорость, км/ч.

**Машины динамического действия** уплотняют грунт ударами падающего с высоты рабочего органа (трамбовки) по поверхности уложенного слоя. Эффект уплотнения определяется не только массой рабочего органа, но и его скоростью в момент удара. К этому типу относятся машины с трамбуемыми плитами, взрывные трамбовки, много-молотковые трамбуемые машины и катки с падающими грузами.

В стесненных условиях используют виброплиты и взрывные трамбовки массой 500...2000 кг, толщина уплотняемого слоя достигает 0,8 м за 4...6 проходов.

Вибротрамбуемыми машинами поверхностного и глубинного действия можно уплотнять и сыпучие, и связные грунты.

Машины поверхностного действия массой 1...2 т обеспечивают глубину уплотнения глинистых грунтов до 1 м, супесей до 1,5 м, песков до 2 м. Трамбуемые плиты имеют массу 1,5...4,0 т, иногда до 40 т, и размеры в плане 0,8×0,8 или 1,3×1,3 м и являются сменным оборудованием к экскаваторам и тракторам. При  $n = 5$  и  $H = 1$  м  $h = 0,6...0,7$  м;  $n = 3$ ,  $H = 2$  м,  $h_{сн}$  до 0,9 м обеспечивают уплотнение на глубину до 0,7...0,9 м в зависимости от высоты падения трамбовки.

Производительность трамбуемых машин определяется следующим выражением:

$$\Pi = \frac{Fh}{t} = \frac{f\varphi n_{ц}h}{n},$$

где  $f$  – площадь трамбовки;

$\varphi$  – коэффициент перекрытия (использования площади плиты);

$n_{ц}$  – частота циклов, зависящая от продолжительности цикла процесса уплотнения;

$h$  – толщина уплотняемого слоя;

$n$  – число ударов, необходимое для получения требуемой плотности.

Выбор грунтоуплотняющих машин производится с учетом линейных размеров сооружения (на протяженных насыпях используют катки, в стесненных условиях – машины динамического действия); площади, формы и расположения относительно горизонта уплотняемой поверхности (катки применяют только на горизонтальной поверхности).

сти, вальцовые можно и на наклонной); объемов и интенсивности работ; вида и свойств грунта; экономических показателей.

Катки выбирают так, чтобы напряжения, возникающие в грунте, не превышали разрушающих:

$$\sigma_{\max} = (0,8 \dots 0,9) \sigma_{\text{разр.}}$$

Требуемые параметры трамбующих машин выбираются по величине удельного импульса

$$i = \frac{Y}{F} = \frac{mv}{F} = \frac{m\sqrt{2gH}}{F},$$

где  $Y$  – полный импульс;

$F, m$  – площадь и масса трамбовки;

$v$  – скорость в момент соударения;

$H$  – высота сбрасывания плиты.

Зная вид грунта (предельный импульс  $i_{\text{пр}}$ ), площадь  $F$  и массу трамбовки  $m$ , можно найти требуемую высоту сбрасывания  $H$ .

Для оценки экономичности разных способов уплотнения установлено, что если стоимость пневмоколесных прицепных катков принять за 1, то для кулачковых она будет равна 0,7; для решетчатых и пневмоколесных самоходных – 1,2; для трамбующих на базе тракторов – 1,4, на базе экскаваторов – 2,0.

Для уточнения характеристик уплотнения и выбора уплотняющей машины до начала возведения плотины производят опытную укатку при различной толщине, влажности и числе проходов катка. Опытное уплотнение производится на площадке  $15 \times 40$  м. Основание опытной площадки должно быть спланировано и иметь плотность не ниже проектной. Площадку разбивают по длине на 3...4 участка, на которых отсыпают слои толщиной соответственно  $h_1, h_2, h_3$  и т. д., но одинаковой влажности (рис. 5.12).

Укатку всех участков производят одновременно при движении уплотняющего механизма вдоль длинной стороны участка. Из уплотненного слоя берут по две пробы в трех местах и строят график  $\gamma = f(h)$  для разных  $h$ .

Уплотнение грунта в сооружении производят проходами обычно вдоль карты с движением прицепного катка по кольцевой схеме с разворотом в торцах карт или по челночной схеме – самоходного. Движение катка перпендикулярно оси сооружения допускается в исключительных случаях при стесненных условиях с обязательным увеличением числа проходов. Полосы у бровки плотины уплотняют только продольным движением.

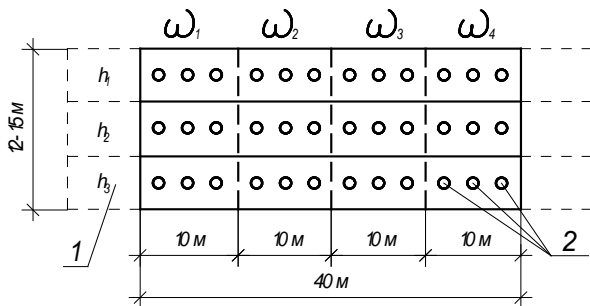


Рис. 5.12. Схема площадки для опытного уплотнения грунта:  
1 – площадка для разворотов катка; 2 – места отбора проб грунта

Рекомендуемые скорости движения катка: при первой и двух последних проходках – 1,5...2,0 км/ч, при промежуточных – 3,5...7,5 км/ч. При каждой проходке каток должен перекрывать смежный след на менее чем на 0,2 м.

Для предотвращения обрушения откоса первые две проходки катка выполняют с удалением от бровки на ширину 2...3 полос, а затем, смещая каждую последующую проходку в сторону бровки, приближаются к ней не ближе чем на 0,5 м. Оставшаяся недоуплотненная кайма откосов (бахрома) срезается в последующем бульдозером, и грунт перемещается вверх для укладки в очередной слой. Таким образом, рабочие габариты плотины отличаются от проектных. Этой рекомендации придерживаются, если откосы защищают жестким креплением. При креплении посевом трав, каменной наброской, отсыпкой гравия плотины следует отсыпать без уширения против проектного профиля и срезки бахромы.

При укладке песчаных и рыхлых грунтов во избежание зарывания в них тяжелых катков уплотнение начинают легкими гладкими или пневматическими катками, выполняя подкатку с небольшими числами проходов (2), а затем продолжают тяжелыми катками. Подготовленный к уплотнению грунт немедленно укатывают, чтобы избежать его переувлажнения атмосферными осадками. С этой же целью поверхность карт выполняют с небольшим уклоном в сторону верхнего бьефа, а при малой площади рабочие карты укрывают. Сопряжение карт между собой делают по откосу не круче 1:2. Рыхлый грунт в местах сопряжения срезают и перемещают на новую карту. В плане сопряжениям карт, направленным нормально к оси сооружения, целесообразно придавать ломаное очертание.

При технологическом перерыве в укладке глинистого грунта в плотину на зимний период последние 2...3 слоя отсыпают и уплотняют с влажностью, не превышающей 0,8...0,9 влажности на границе раскатывания, и по завершении работ прикрывают грунт рыхлым снегом. С наступлением положительных температур укладку грунта возобновляют.

Для плотин из несвязных грунтов специальных мероприятий на время прекращения работ на зимний период не предусматривают.

При возведении качественной насыпи путем отсыпки грунта в воду тело плотины или любой ее элемент разбивают на карты, которые насухо обваловывают дамбами из того же грунта высотой, равной толщине отсыпаемого слоя. Обвалованные карты заполняют водой ниже отметки гребня дамб обвалования на 20...30 % толщины отсыпаемого слоя. Размеры карт выбирают исходя из сменной производительности используемого в работе оборудования. Грунт подают на плотину и выгружают непосредственно в прудок или на бровку дамбы или отсыпанной части слоя с последующим сталкиванием бульдозером пионерно под откос в воду прудка. Отсыпать в воду можно разные грунты – глины, лессовидные суглинки, песчаные. Толщина слоя отсыпки песчано-гравийных грунтов – 4...6 м; песков и супесей – до 4 м; суглинков легких – до 2 м; суглинков тяжелых и глин – до 1 м. При этом не требуется разравнивание и уплотнение грунта, можно работать в дождливую погоду и при отрицательных температурах.

#### **5.4. Планировка и крепление откосов**

Планировка откосов и земляного полотна (гребня плотины или дамбы) необходима для приведения профиля сооружения в соответствие с проектом, обеспечивает водоотвод и повышает устойчивость грунта в насыпи. Перед началом планировки восстанавливают положение оси и бровок в плане на прямых участках и закруглениях, закрепляя основные точки кольями, ликвидируют временные съезды.

Технология планировки откосов и применяемые машины определяются типом крепления откосов, их длиной. При жестком креплении в процессе планировки необходимо удалить с откоса неуплотненный грунт (бахрому), который появляется из-за того, что каток при уплотнении запрещается приближать к бровке ближе чем на 0,5 м. При заложении откоса плотин не менее 2,5 для этой цели используют бульдозеры. При этом неуплотненный грунт срезается движением вверх по откосу и укладывается в тело насыпи. При более крутых откосах при-

меняют прицепные грейдеры-бульдозеры с откосниками. В связи с относительно малой длиной бокового отвала работы выполняются параллельно с отсыпкой тела насыпи на высоту 1,0...1,5 м. Возможно использование одноковшовых экскаваторов с оборудованием драглайн с планировочным ковшом или телескопическим рабочим оборудованием также по мере отсыпки на высоту 3...5 м.

При креплении откосов посевом трав, отсыпкой гравия или другим нежестким способом срезка уплотненного грунта не производится.

Движение машин при планировке откосов и гребня организуется следующим образом.

При заложении откосов с коэффициентом заложения не менее 3 и использовании автогрейдера последний может двигаться непосредственно по откосу вдоль оси сооружения. При более крутых откосах планировка может осуществляться боковым дополнительным отвалом, как и при срезке бахромь.

Планировка гребня выполняется, как правило, грейдерами с движением по круговой схеме с рабочими ходами в обоих направлениях последовательными проходами от бровки насыпи к ее примыканиям к существующим дорогам или проектным съездам. При длине гона до 500 м выгоднее не разворачивать автогрейдер, а поворачивать на 180° только отвал, а если длина гона не более 200 м – перейти на челночную схему с холостым ходом и рабочим ходом в обратном направлении.

Плиты на откос укладываются краном, движущимся по гребню насыпи, вверх по откосу, начиная от подошвы. Если вылета стрелы крана недостаточно для укладки плит в нижней части откоса, то кран размещается у основания насыпи, а при большой длине откоса – и на промежуточной берме.

Растительный грунт на откосе распределяется бульдозером движением сверху вниз (при заложении откоса не менее 2,5) или одноковшовым экскаватором с оборудованием драглайн или телескопическим. Таким же образом при необходимости откосы покрываются гравием или щебнем. Для нанесения растительного грунта на откосы небольших дамб, дорожных насыпей можно применять буртоукрыватель на тракторе МТЗ-82. Грунт берется из основания у подошвы насыпи.

Низовой откос плотин, откосы дамб и дорожных насыпей обычно крепят посевом трав с использованием чаще всего гидросеялок.

## 5.5. Технология устройства дорог

### *Классификация, характеристика и конструкция дорог.*

Автомобильные дороги подразделяются на классы и категории в соответствии с ТКП 45-3.03-19–2006 Автомобильные дороги. Нормы проектирования (табл. 5.2).

Дороги общего пользования классифицируют на категории I-в, II, III, IV, V. Их проектируют в соответствии с ТКП 45-3.03-19–2006.

Таблица 5.2. **Классы и категории автомобильных дорог**

Класс дороги	Категория дороги	Функциональное назначение	Расчетная интенсивность движения, ед/сут	
			Республиканские дороги	Местные дороги
Автомагистрали	I-а	Для передвижения интенсивных транспортных потоков на большие расстояния без обслуживания прилегающих территорий	Свыше 8000	—
Скоростные автомобильные дороги	I-б	Для локального передвижения интенсивных транспортных потоков с высокой скоростью	Свыше 10000	—
Обычные автомобильные дороги	I-в II III IV V	Дороги общего назначения	Свыше 10000 Свыше 5000 до 10000 Свыше 2000 до 5000 Свыше 200 до 2000 До 200 включительно	— Свыше 7000 Свыше 3000 до 7000 Свыше 400 до 3000 До 400 включительно
Дороги низших категорий	VI-а	Обеспечение постоянных подъездов к малым сельским поселениям	—	Свыше 25 до 50
	VI-б		—	До 25 включительно

В зависимости от капитальности конструкций, технико-экономических показателей покрытия бывают:

- усовершенствованные капитальные (цементобетонные, монолитные и сборные, асфальтобетонные и др.);
- усовершенствованные облегченные (из щебеночных и гравийных материалов, обработанных органическими вяжущими, из холодного асфальтобетона и др.);
- переходные (щебеночные, гравийные, из грунтов, укрепленных вяжущими материалами, и др.);
- низшие (грунтовые, улучшенные различными материалами).

В зависимости от класса и эксплуатационных свойств автомобильные дороги в строительстве классифицируют следующим образом:

- улучшенные (постоянные), устанавливаемые на прочном основании с верхним покрытием из асфальтобетона или железобетона;
- из бетонных и железобетонных плит, укладываемых на песчано-гравийное основание;
- профилированные грунтовые, укрепленные песком, щебнем, гравием;
- временные из железобетонных плит, устраиваемые по естественному основанию.

Выбор типа конструкции дорожных одежд зависит от назначения дороги, климатических условий, уровня грунтовых вод, вида грунта земляного полотна и характеристик подстилающего слоя.

Автомобильные дороги различаются по числу и ширине полос движения. Ширина полосы движения задается в зависимости от габарита ширины одиночных автомобилей и автопоездов, намечаемых для регулярного движения на проектируемой дороге. Внутриплощадочные и подъездные дороги устраиваются с двухполосной шириной проезжей части, обеспечивающей разъезд двух встречных машин, без заезда на примыкающие к проезжей части обочины.

Полоса поверхности дороги, в пределах которой происходит движение автомобилей, называется *проезжей частью* (рис. 5.13).

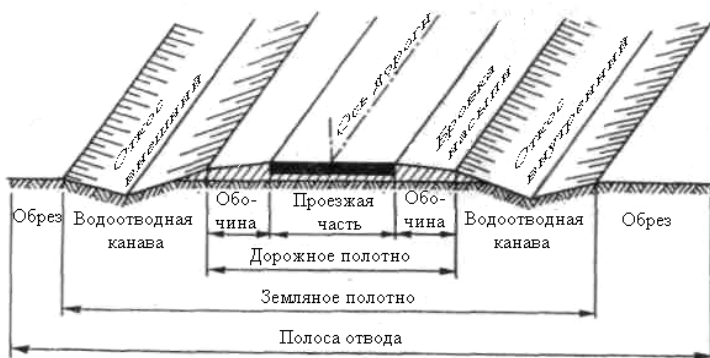


Рис. 5.13. Элементы поперечного профиля автомобильной дороги

Прилегающие к проезжей части грунтовые полосы называются *обочинами*, создающими боковой упор для дорожной одежды, устраиваемой из прочных материалов в пределах проезжей части. Обочины ис-

пользуются для временной стоянки автомобилей и дорожных машин, а также для складирования дорожно-строительных материалов.

Проезжая часть и обочины отделяются от прилегающей местности *откосами*. Линия сопряжения поверхностей обочины и откоса насыпи или внутреннего откоса канавы в выемке называется *бровкой* дорожного полотна. Для отвода воды от полотна дороги (при высоте насыпи менее 0,5 м), кроме случаев, когда дорога проходит по хорошо фильтрующим грунтам, устраиваются водоотводные канавы (кюветы) треугольного или трапециевидального сечения. За кюветами до границы полосы отвода идут *обрезы*, служащие для устройства летнего или тракторного пути, объездов во время ремонта дороги, установки снеговых щитов и т. п. Проезжая часть, обочины, кюветы и обрезы образуют полосу отвода. Утвержденных нормативов ширины полосы отвода земель на дороги разных технических категорий не существует. Временные нормативы определяют лишь среднюю ширину полосы отвода для каждой категории дороги. В проекте производства работ ширину отвода обосновывают соответствующими поперечными профилями и составляют график отвода земель.

#### ***Технология трассоподготовительных работ, устройство земполотна и дорожной одежды.***

Трассоподготовительные работы на местности включают в себя перечисленные ниже рабочие операции.

1. *Восстановление и закрепление трассы на местности.* Выполняют перед началом строительных работ, так как до начала строительства дороги от момента проведения геодезических изысканий может пройти значительное время. Последовательность восстановления и закрепления трассы:

- находят (восстанавливают в случае утраты) углы поворота. Вершины углов поворота (ВУ) закрепляют установкой столбов, которые закапывают на расстоянии 0,5 м от фактической вершины угла на продолжении его биссектрисы. На столбах записывают порядковый номер угла, радиус, тангенс и биссектрису кривой;

- на прямых участках осевую линию трассы закрепляют столбами через 200...400 м в зависимости от рельефа местности. На криволинейных участках выносные столбы располагают через 100 м;

- производят контрольный промер осевой линии с установкой дополнительных плюсовых точек и разбивают поперечные профили для более точного подсчета объемов земляных работ. Промежуточные точки на кривых разбивают через 5, 10 или 20 м в зависимости от радиуса кривой (до 100 м, от 100 до 500 м и более 500 м);

– производят продольное и поперечное нивелирование и съемку поперечных профилей.

Высотные отметки закрепляют реперами через каждые 1000...2000 м в зависимости от рельефа местности. Кроме этого, реперы обязательно устанавливают на участках пересечения с другими автомобильными или железными дорогами, около малых искусственных сооружений, на пересечениях рек, у высоких насыпей и глубоких выемок (более 5 м). Реперы устанавливают в стороне от дороги, окапывают неглубокими канавками и обсыпают землей в виде конуса. В качестве реперов можно использовать опоры мостов, крупные камни и др.

Закрепление оси дороги заключается в выносе пикетов и плюсовых точек за пределы полосы отвода. Пикетаж закрепляют сторожками, на которых указывают расстояния выноски (ведут журнал выноски пикетажа). При расхождении с изыскательским пикетажем более чем на 1 м устанавливают рубленные пикеты для увязки точек с проектным продольным профилем.

Водоотводные каналы закрепляют кольшками вдоль их осей с указанием глубины в местах их установки. Резервы обозначают кольшками по бровкам через 10...50 м. При широких резервах кольшки устанавливают не только по бровкам, но и по оси с указанием на них глубины разработки.

*2. Расчистка дорожной полосы.* Полосу земли, отведенную для размещения дороги, расчищают от леса, кустарника, пней, крупных камней и других предметов, мешающих производству работ. Если в пределах этой полосы находятся строения, линии связи или электропередач, подземные инженерные сооружения, то их перестраивают или переносят на другое место в соответствии с решениями, указанными в проекте. К расчистке дорожной полосы приступают при наличии ведомостей отвода земель, рубки леса, строений, подлежащих сносу. Если на расчищаемой полосе имеются деревья ценных и декоративных пород, то их следует выкопать и пересадить в назначенные места и в сроки, установленные с учетом агротехнических требований.

Расчистку дорожной полосы от леса, кустарника и пней выполняют в такой последовательности: срезка кустарника и мелкого леса; спиливание или валка деревьев; очистка стволов от сучьев и удаление за пределы расчищаемой полосы; корчевка и уборка пней; засыпка ям, оставшихся после валки деревьев и корчевки пней.

Наиболее трудоемкая рабочая операция – расчистка полосы от леса. Целесообразнее всего вести расчистку полосы от леса в зимнее

время, так как качество древесины, заготовленной в это время, будет лучше, облегчается проезд по грунтовым дорогам; меньше загружается транспорт, уменьшается потребность в рабочих для выполнения работ по непосредственному строительству дороги. Недостатки: после срезки остаются пни, которые выкорчевывают только летом.

Кустарник и очень мелкий лес целесообразно срезать до удаления деревьев. Это обеспечивает удобство и безопасность работ при спиливании или валке леса. Для срезки кустарника и очень мелких деревьев лиственных пород служат кусторезы. Срезку кустарника целесообразнее производить в зимнее время либо в начале весны, когда снега уже мало, а земля еще промерзшая. В это время создаются лучшие условия для данной работы, так как корни и стволы кустарника закреплены в промерзшей почве, поэтому срезка кустарника производится полностью за один проход.

В летний период заросли со стволами диаметром от 4 до 15 см из таких пород, как осина, ольха, ель и береза, кусторез срезает почти полностью (до 95 %) за один проход, а мелкий кустарник – только на 60...65 %, часть кустарника подминают гусеницы трактора и сам кусторез. Для срезки оставшегося кустарника кусторез проходит вновь по прежнему месту, только в противоположном направлении.

Срезанный кустарник сгребают тракторными граблями или кустособирающими в большие валы или кучи.

Валку деревьев осуществляют двумя способами: валят деревья бульдозерами (древовалами) или спиливают бензомоторными либо электрическими пилами. Первый способ применяют при незамерзшем грунте и если деревья непригодны для использования в строительстве. Перед валкой деревьев бульдозером корни крупных деревьев подрезают с трех сторон, оставляя их неподрезанными только с той стороны, в которую валят дерево. Возможна также валка с помощью стального троса длиной не менее утроенной высоты дерева.

Перед спиливанием деревьев убирают имеющийся кустарник и низко расположенные сучья. Обычно деревья спиливают, оставляя пни высотой 10...15 см. Со стороны, в которую валят дерево, делают подруб (подпил) на глубину  $\frac{1}{3}$ ... $\frac{1}{4}$  диаметра ствола. Подруб представляет собой два прореза пилой один выше другого на 4...6 см, между которыми часть дерева вырубает топором. Затем с противоположной стороны делают глубокий пропил на уровне верха подруба, не доходя до него на 2...3 см, после чего валят дерево с помощью длинного шеста со специальной вилкой на конце.

Деревья очищают от сучьев, транспортируют на склад трелевочным трактором со щитом и лебедкой для подтягивания пачки деревьев

на щит. Для погрузки деревьев на транспортные средства используют краны с грейферным захватом, бульдозеры с челюстным рабочим органом, специальные лесопогрузчики.

В летний период, при небольшом количестве деревьев, валку леса производят бульдозером.

Корчевку пней производят с помощью бульдозеров, корчевателем или взрыванием (для пней диаметром более 50 см). Корчевать пни, остающиеся после спиливания деревьев, лучше всего весной при высокой влажности грунта, которая облегчает корчевку. Оставлять невыкорчеванными можно пни высотой до 10 см при высоте насыпи более 2,0 м.

Оставшиеся после корчевания пней и валки деревьев ямы послойно засыпают грунтом и уплотняют. Поверхность основания насыпи планируют.

Мелкие камни (объемом до 1 м<sup>3</sup>), встречающиеся на дорожной полосе, удаляют за ее пределы бульдозером, крупные (объемом больше 1 м<sup>3</sup>) разрушают взрыванием, а затем также удаляют бульдозером.

3. *Разбивка земляного полотна и сооружений в полосе отвода* сводится к скреплению на местности основных точек его поперечного профиля. Разбивку выполняют на основе проектных материалов: плана дороги, продольного, поперечного профилей насыпей и выемок. Важным правилом разбивки является установка колышков с высотными отметками таким образом, чтобы они сохранились до окончания земляных работ. С этой целью такие колышки, как правило, выносят за пределы полосы, на которой ведут работы землеройно-транспортными машинами.

Перед разработкой выемки точки разбивки, обозначаемые колышками, выносят за пределы поперечного профиля. На колышках делают засечки или прибивают планки для написания номера пикета или плюса и глубины выемки.

При разбивке земляного полотна пользуются нивелирами, а также специальными приспособлениями: визирками, откосными лекалами.

4. *Удаление растительного слоя.* Плодородный почвенный слой снимают со всей площади, отведенной для строительства дороги, и укладывают в валы для последующего использования или вывозят сразу на место использования в качестве плодородного почвенного слоя. Временные валы располагают по краям полосы отвода или на специальных площадках, выделенных для этой цели. Толщину снимаемого плодородного почвенного слоя устанавливают проектом. Как правило, она составляет 10...35 см. Растительный грунт используют при укреп-

лении откосов земляного полотна, для распределения на разделительной полосе, рекультивации восстанавливаемых или малопродуктивных сельскохозяйственных земель.

Работу выполняют с помощью бульдозеров или скреперов. При применении бульдозеров срезку грунта производят под углом к оси дороги или при продольном или поперечном движении машины относительно дорожной полосы. Отвалы грунта располагают вдоль краев полосы отвода так, чтобы они не мешали последующим работам.

В зависимости от ширины дорожной полосы, толщины срезаемого почвенного слоя и мощности применяемого бульдозера работы производят по разным схемам. При применении скреперов срезку растительного грунта производят последовательными проходами при продольном движении. Объем перемещаемого грунта одним скрепером зависит от вместимости ковша скрепера и его заполнения.

5. *Строительство малых мостов и водоотводных труб.* Ведут до отсыпки земляного полотна специализированными машинами, включенными в объектный поток строительства автомобильной дороги, с применением индустриальных методов производства работ, что позволяет быстрее построить мост или водоотводную трубу при высоком качестве строительно-монтажных работ.

Строительство малых мостов и труб обычно организуют поточным методом, увязывая сроки по календарному плану со строительством дороги. Их строительство должно опережать работы по устройству земляного полотна. Мосты должны быть полностью готовы к началу строительства дорожной одежды, чтобы обеспечить непрерывность работы строительных подразделений, выполняющих основные и завершающие работы по строительству дороги.

*Основные технологические операции производственного процесса по постройке малых мостов:*

– подготовительные работы: геодезические и разбивочные работы, очистка территории и планировка строительной площадки, доставка на объект строительства машин и оборудования, постройка различных сооружений, организация складов;

– устройство котлованов. Котлованы мелкого заложения под фундаменты опор устраивают различными землеройно-транспортными машинами и оборудованием, выбор которых зависит от вида грунта, условий его разработки и перемещения, размеров и способов крепления котлованов и размещения машин и оборудования;

– сооружение фундаментов опор, монтаж пролетных строений. Сооружение фундаментов опор в котлованах начинают с зачистки и планировки дна котлована. При постройке сборного фундамента предна-

значенные для него блоки укладывают на щебеночную (гравийную) подушку, поверхность которой покрывают слоем свежего цементного бетона. В случае сооружения монолитного фундамента непосредственно на месте устраивают опалубку из деревянных щитов с учетом вида опоры моста.

Свайные фундаменты сооружают в открытых котлованах с искусственным креплением стенок или без крепления.

Водопрпускные трубы на автомобильных дорогах сооружают по типовым проектам. До начала работ в соответствии с проектом на местности производят разбивку оси и контура трубы. Разбивку оси трубы выполняют, используя пункты геодезической основы. Для этого с помощью теодолита восстанавливают ось трассы и стальной лентой измеряют расстояние от ближайшего пикета до продольной оси трубы, от которой в обе стороны разбивают очертание котлована под тело трубы и оголовков, забивая для этого колья. Определяют отметки в характерных точках и вычисляют соответствующие глубины котлована. Впоследствии в ходе строительства трубы проверяют положение в плане и по высоте фундаментов, тела трубы, заданный уклон, отметки лотка оголовков (входного и выходного), выполняют разбивку русел.

Водопрпускные трубы, как правило, сооружают из сборных элементов. Их строят комплексные специализированные бригады рабочих-бетонщиков под руководством бригадира или мастера.

#### ***Технология строительства земляного полотна и дорожной одежды усовершенствованного капитального и переходного типов.***

В состав работ по строительству земляного полотна входят:

- устройство водоотводных, дренажных и специальных слоев в земляном полотне;
- разработка выемок и возведение насыпей с послойным разравниванием и уплотнением грунта;
- планировка, отделка и укрепление земляного полотна;
- рекультивация карьеров и резервов.

Земляное полотно сооружается комплексными механизированными бригадами, в состав которых входят основные (ведущие) машины, разрабатывающие и перемещающие грунт (бульдозеры, скреперы, экскаваторы, грейдеры и др.), и вспомогательные (комплектующие), выполняющие все другие виды работ (рыхление грунта, при необходимости разравнивание и уплотнение, отделку и укрепление земляного полотна и др.).

Выбор средств механизации производят исходя из видов грунтов, объемов земляных работ, сроков их выполнения, а также с учетом дальности транспортирования грунта, климатических условий и стоимости работ.

При устройстве водоотводных сооружений все водоотводные каналы, кроме совмещенных с резервами и боковых канав в выемках, должны быть открыты до начала земляных работ с тем, чтобы обеспечить защиту земляного полотна от переувлажнения поверхностными водами с самого начала его строительства. Боковые каналы в выемках устраивают сразу после окончания их разработки.

Важным технологическим процессом при строительстве земляного полотна является уплотнение грунтов.

Плотность грунта, которая должна быть достигнута при строительстве земляного полотна, оценивается коэффициентом уплотнения, представляющим собой отношение фактической плотности к максимальной (стандартной) плотности данного грунта.

В земляном полотне автомобильных дорог коэффициент уплотнения грунтов зависит от вида земляного полотна (насыпь, выемка), его части, типа покрытия, дорожно-климатической зоны. Он должен быть в пределах 0,9...1,0.

Выбор уплотняющих машин для уплотнения грунтов земляного полотна зависит от вида грунта, его влажности, требуемой степени уплотнения, необходимой толщины уплотняемого слоя, производительности и маневренности машин.

Перед началом укрепления откосов для придания земляному полотну правильной формы, повышения его устойчивости, улучшения условий водоотвода выполняют планировочные работы: очистку, планировку, выравнивание бERM и бровок.

Дорожной одеждой называют совокупность конструктивных слоев разной прочности, обычно уменьшающейся книзу, устраиваемых из различных материалов.

*Дорожные одежды усовершенствованных типов.* Усовершенствованным называют такое покрытие, которое дает возможность в любое время года с наибольшей полнотой использовать скорость и грузоподъемность современного автомобиля.

К усовершенствованным капитальным дорожным покрытиям относятся асфальтобетонные, цементно-бетонные, черные щебеночные и брусчатые мостовые.

Наиболее совершенными являются асфальтобетонные покрытия. Они гигиеничны: не пылят, легко очищаются от пыли и грязи, довольно быстро освобождаются от льда и снега; их можно устраивать любой шероховатости.

*Устройство асфальтобетонных покрытий.* Данные покрытия могут быть одно- и двухслойные. Толщина однослойного покрытия из

горячих и теплых смесей должна составлять 4...6 см, из холодных – 3...4 см; в двухслойном покрытии толщина верхнего слоя должна быть 3...5 см, нижнего – 6...7 см.

Технология устройства асфальтобетонных покрытий состоит из следующих операций: подготовительных работ, транспортирования и укладки асфальтобетонной смеси, уплотнения покрытий.

Подготовительные работы включают: ограждение участка работ от движущихся транспортных средств и пешеходов; разбивочные работы; проверку основания; установку боковых опор; очистку основания (нижнего слоя покрытия) от пыли и грязи; обработку основания органическими вяжущими материалами (разжиженным битумом или эмульсией).

Поверхность основания очищают от грязи и пыли механическими щетками или струей сжатого воздуха, подаваемого из компрессора, или другими средствами. После очистки поверхность основания не позже чем за 3...5 ч до укладки смеси обрабатывают жидким или разжиженным битумом из расчета 0,5...0,8 л/м<sup>2</sup>. При обработке нижнего слоя покрытия расход битума составляет 0,2...0,3 л/м<sup>2</sup>. Эту работу выполняют автогудронаторами. Асфальтобетонную смесь от асфальтобетонного завода к месту укладки транспортируют автомобилями-самосвалами, которые должны обеспечивать сохранность ее нагрева (120 °С горячих и 70 °С теплых смесей), необходимого для укладки и уплотнения. Перед началом работ по укладке асфальтобетонной смеси проводятся подготовительные работы. Конструктивный слой, на который предстоит укладывать асфальтобетонную смесь, должен иметь нормативную плотность и ровную поверхность, быть чистым, сухим без повреждений.

В процессе выгрузки из автомобиля асфальтобетонной смеси асфальтоукладчик продвигает автомобиль впереди себя до тех пор, пока он полностью не освободится от смеси. При выгрузке следят за тем, чтобы смесь не просыпалась на нижележащий слой. Просыпавшуюся смесь следует убрать лопатами.

Толщина слоя из горячих асфальтобетонных смесей, укладываемых асфальтоукладчиками с трамбуемым брусом и пассивной выглаживающей плитой, должна быть больше проектной на 15...20 %, при использовании асфальтоукладчика с трамбуемым брусом и виброплитой – на 10...15 %.

Распределение асфальтобетонной смеси производится асфальтоукладчиками. Если в уложенном слое появляются разрывы, трещины, пустоты по краям полосы или поверхность получается неровной, то

машинист регулирует скорость движения асфальтоукладчика, следит за тем, чтобы трамбующий брус работал без остановки, а выглаживающая плита периодически прогревалась горелкой.

Сразу после прохода асфальтоукладчика проверяют толщину слоя и поперечный уклон. Ровность проверяют трехметровой рейкой. Под рейкой, уложенной в любом месте, не должно быть просвета. На возвышениях смесь слегка разрыхляют граблями и лопатой.

При окончании укладки смеси слой ее клинообразно утончается. При укладке смеси в две или более полосы одним асфальтоукладчиком необходимо следить за тем, чтобы укладываемые полосы покрытия были хорошо сопряженными. В противном случае в этих местах начнется разрушение покрытия.

Уплотнение асфальтобетонной смеси – основная технологическая операция, которая предопределяет физико-механические свойства покрытия. Недостаточное уплотнение асфальтобетонного покрытия – одна из основных причин его разрушения. Высококачественного уплотнения покрытия можно добиться только в том случае, когда в процессе укладки и уплотнения будут соблюдаться температурный режим, очередность смены катков и требуемое количество их проходов.

Продолжительность остывания асфальтобетонной смеси после ее укладки зависит от толщины слоя, начальной температуры смеси и погодных-климатических условий. Чем тоньше слой, тем быстрее он остывает и тем меньше времени отводится для работы каждого катка в указанном интервале температур.

Уплотнение смеси производят катками и начинают после ее распределения при температуре, при которой давление катка не превышает сопротивления сдвигу уплотняемого слоя при определенной длительности нагружения. Общее время охлаждения различных слоев смеси от 140...135 до 65...60 °С при определенных погодных условиях составит от 15 до 100 мин. В рамках этого времени необходимо выполнить весь объем работы по уплотнению.

При укладке смеси на всю ширину проезжей части на двухскатном профиле катки должны двигаться по уплотняемому покрытию от краев полосы к середине, а затем от середины к краям, перекрывая каждый след на 20...30 см. При устройстве покрытия с односкатным профилем уплотнение начинают с низовой стороны.

В процессе уплотнения необходимо соблюдать следующие правила:

1. Уплотнение следует производить в строгом соответствии с рекомендациями ТНПА.
2. Каток должен двигаться параллельно оси дороги со скоростью 2...3 км/ч, гладковальцовые катки – в статическом режиме, в вибраци-

онном – 3...4 км/ч, катки комбинированного действия в статиче-ском режиме – 3...4 км/ч, вибрационном – 5...6 км/ч, пневмоколесный – 6...11 км/ч.

3. На проезжей части с продольным уклоном более 30 % уплотнение следует производить снизу вверх.

4. При первых проходах гладковальцовых катков во избежание волн и трещин ведущие вальцы должны быть впереди.

5. Во время уплотнения катки должны быть в непрерывном и равномерном движении.

6. Запрещается останавливать катки или резко менять направление движения на неуплотненном и неостывшем слое.

7. Проезд катка с одной полосы на другую должен осуществляться только на ранее уплотненной захватке.

8. Виброуплотнение следует проводить только в процессе движения катка. Включать и отключать вибрацию необходимо за пределами уплотняемой полосы на двигающемся катке.

9. Перед уплотнением пневмошины и вальцы катков необходимо смачивать (водой, водным 1%-ным раствором отходов мыловаренной промышленности) и прогревать во избежание налипания на них смеси.

10. Для исключения образования волны каждый последующий след катка должен быть смещен в направлении уплотнения относительно предыдущего на величину, примерно равную диаметру вальца или пневмоколес.

*Устройство цементобетонных покрытий.* По сравнению с асфальтовыми покрытиями цементобетонные покрытия более долговечны (на 20...30 лет), следовательно, сокращаются расходы на содержание и ремонт таких дорог; обладают большой прочностью, высокой шероховатостью, поэтому можно ехать на большой скорости во влажную погоду. Недостатком таких дорог является большое количество поперечных швов.

До начала работ по устройству цементобетонных покрытий на поверхность подготовленного основания в местах устройства швов расширения устанавливают каркасы из арматурной стали и крепят их к основанию металлическими штырями. В промежуток между каркасами помещают строго вертикально прокладки швов с установленными в них арматурными стержнями. К основанию прокладки крепят металлическими штырями, забиваемыми с обеих сторон доски.

Перед началом работ по устройству покрытия, основания или дополнительного элемента необходимо проверить: готовность подъездов для подачи бетонной смеси к месту укладки; готовность бетонного

завода и машин к работе; наличие поверхностных и глубинных вибраторов для дополнительного уплотнения бетонной смеси около прокладок в зоне швов расширения, изготовления контрольных образцов и определения пористости (объема вовлеченного воздуха) бетонной смеси на месте укладки; наличие необходимых инструментов и приспособлений; наличие основных и вспомогательных материалов для своевременного и бесперебойного ухода за свежесуложенным бетоном и защиты его от атмосферных воздействий.

Перед началом укладки бетонной смеси следует проверить правильность установки копирных струн и произвести увлажнение водой верхнего слоя или дополнительного слоя основания из несвязных материалов, не допуская его переувлажнения и образования луж.

При устройстве цементобетонных покрытий на основаниях из материалов, укрепленных неорганическими вяжущими, или на бетонных основаниях для предотвращения срачивания слоев поверхность основания рекомендуется обработать гидрофобизирующими составами или увлажнить водой и осуществить розлив 30 % битумной эмульсии с нормой розлива 1 л/м<sup>2</sup>. Укладку бетонной смеси следует начинать на следующие сутки после обработки поверхности основания.

Укладка бетонной смеси механизирована и производится распределителем бетонной смеси или бетоноукладчиком.

При использовании распределителя предварительное распределение производится на ширину от 0,15 до 0,2 м меньше, чем ширина устраиваемого слоя. Бетонную смесь следует распределять равномерно по всей ширине слоя без пропусков с учетом припуска на уплотнение (определяется при пробном бетонировании). Технологический разрыв между распределителем смеси и бетоноукладчиком в зависимости от погодных условий должен составлять от 10 до 30 м.

Уплотнение бетонной смеси и предварительную отделку поверхности бетонного покрытия производят бетоноукладчиком.

В настоящее время для устройства дорожных и аэродромных цементобетонных покрытий широко используют комплект бетоноукладочных машин ДС-110, которые выполняют все работы по устройству покрытия: укладку, уплотнение и отделку готового слоя покрытия. Доставленная бетонная смесь разгружается из транспортных средств на основание перед бетоноукладчиком, который распределяет ее по ширине проезжей части.

В процессе укладки бетонной смеси следует тщательно контролировать геометрические параметры, ровность поверхности и качество кромок свежесформованного бетонного слоя.

В процессе бетонирования глубинные вибраторы должны быть полностью погружены в смесь.

При устройстве односкатных бетонных покрытий и виражей со стороны превышения необходимо создавать дополнительный припуск бетонной смеси.

При устройстве армированного сварной сеткой, устанавливаемой на подставках, бетонного покрытия на мостах и путепроводах глубинные вибраторы в процессе уплотнения бетонной смеси должны быть подняты на отметку от 5 до 7 см выше арматуры, но так, чтобы они постоянно находились в бетонной смеси.

Уплотнение производится вибробрусом, а отделка поверхности – специальной выравнивающей рейкой. После отделки покрытия приступают к работам по уходу за бетоном.

Цементобетонное покрытие устраивают одинаковой толщины по всей ширине проезжей части в один или два слоя. Толщина верхнего слоя в двухслойном покрытии должна быть не менее 6 см. Толщина слоя определяется расчетом с учетом категории дорог и должна быть: для дорог I категории – не менее 22 см, II категории – 20 см, III категории – 18 см.

В бетонном покрытии устраивают продольные и поперечные швы (сжатия и расширения), делящие покрытие на плиты определенной длины и ширины.

В конце рабочей смены или при длительных перерывах в бетонировании устраивают рабочие швы и при необходимости швы расширения. Во всех швах, как правило, предусматривают штыревые соединения.

Расстояние между поперечными швами сжатия в зависимости от толщины устраиваемого покрытия  $h$ , см, не должно превышать:

– на устойчивом земляном полотне и на основаниях из бетона или из материалов, укрепленных неорганическими вяжущими, –  $25h$ ;

– на земляном полотне с ожидаемыми неравномерными осадками, включая насыпи высотой более 3 м, –  $22h$ ;

– в местах перехода из выемок в высокие насыпи, в местах примыкания к искусственным сооружениям и пересечения дорог с покрытиями (основаниями) из бетона, в покрытиях шириной не более 6 м –  $20h$ .

При устройстве контрольных швов через две плиты швы расширения допускается устраивать через 10 плит.

Продольный шов устраивают при ширине покрытия, превышающей  $23h$ .

Для увеличения продольной устойчивости и улучшения совместной работы плит покрытия, повышения его транспортно-эксплуатационных характеристик поперечные швы сжатия рекомендуется устраивать не перпендикулярно, а с наклоном к продольной оси покрытия. В швах сжатия устраивают арматурные стержни (перед укладкой бетона или после прохода бетоноукладчика).

В случае допущения проектной документацией образования в период эксплуатации уступов между плитами в поперечных швах высотой до 3 мм бетонные покрытия, устраиваемые бетоноукладчиками со скользящей опалубкой, на основаниях из бетона толщиной не менее 16 см или на основаниях из материалов, укрепленных цементом, толщиной не менее 18 см допускается устраивать при температуре воздуха во время бетонирования выше 10 °С без швов расширения, а швы сжатия не армировать.

Проектную толщину покрытия в этом случае увеличивают на 2 см.

Шов расширения рекомендуется устраивать только в конце рабочей смены перед рабочим швом.

Деформационные и температурные швы устраивают как в затвердевшем, так и в свежееуложенном бетоне. При устройстве швов в свежееуложенном бетоне мероприятия по уходу за бетоном следует начинать после завершения устройства швов.

#### ***Дорожные одежды с покрытиями переходных типов.***

1. *Устройство гравийных оснований и покрытий.* Гравийные основания и покрытия устраивают при наличии гравия, отвечающего требованиям оптимальной смеси с наибольшей крупностью зерен 20...40 мм. Целесообразность применения гравия определяется наличием в районе строительства достаточного количества гравийных месторождений. Гравийные оптимальные смеси могут быть взяты непосредственно из карьера или приготовлены в карьере (на дороге) путем отгрохотки круглых зерен или мелких частиц, добавки крупного дробленого материала и местных суглинков.

Гравийные основания и покрытия строят с поперечными профилями различных видов: серповидным при толщине слоя не более 15 см и полукорытным при толщине слоя более 15 см.

Технологическая последовательность устройства однослойного покрытия или основания включает: профилирование земляного полотна автогрейдером с приданием полотну поперечного уклона 10...20 ‰; улучшение грунтового основания; уплотнение основания катками на пневматических шинах; вывозка гравийного материала автомобилями-самосвалами; разравнивание и планирование автогрейдером (бульдозером); уплотнение с поливкой водой; окончательное профилирование; прикатку с поливкой водой.

При устройстве гравийного основания или покрытия в зимнее время земляное полотно должно быть подготовлено летом. Основание очищают от снега, льда, подвозят гравийный материал, разравнивают, профилируют и уплотняют до замерзания.

Признаком окончания укатки может служить: отсутствие следа при движении катка; полное прекращение движения волны перед вальцом катка.

Для ускорения уплотнения и повышения несущей способности гравийного основания или покрытия, содержащего более 50 % очень окатанных зерен, вводят добавки щебня (в том числе из гравия) в количестве 20...30 % по массе.

Более объективным показателем степени уплотнения является плотность и пустотность.

При приемке выполненных работ допускаются в отдельных местах следующие отклонения от проекта: ширина  $\pm 10$  см; отклонение толщины в сторону уменьшения – 10 %; ровность, измеряется трехметровой рейкой в поперечном направлении – 1,5 см, в продольном – 2 см; уклон поперечного профиля  $\pm 0,05$  %.

2. *Устройство щебеночных оснований и покрытий.* Щебеночное основание и покрытие часто устраивают на песчаном подстилающем слое, который должен быть тщательно спланирован и уплотнен. Перед укладкой щебня подстилающий слой увлажняют. Расход воды составляет около 5 % от массы щебня.

Надлежащее качество щебеночного основания или покрытия может быть достигнуто при условии применения каменных материалов, обладающих хорошей цементирующей способностью, качественного уплотнения.

Толщина конструктивного слоя щебеночного основания или покрытия колеблется в зависимости от характера и интенсивности движения и составляет от 12...14 до 25...30 см.

Технологическая последовательность работ при устройстве покрытия из фракционированного щебня приведена ниже.

1. Вывозка щебня фракции 40...70 мм из расчета около 70 % от общей потребности.

2. Разравнивание щебня бульдозером или автогрейдером.

3. Прикатка щебня легким или средним катком в зависимости от прочности щебня.

4. Вывозка щебня фракции 15...25 мм из расчета около 70 % от общей потребности.

5. Распределение щебня щебнераспределителем.

6. Уплотнение щебня средним или тяжелым катком с поливом водой.

7. Вывозка и распределение щебня фракции 5...10 мм из расчета около 10 %.

8. Уплотнение щебня тяжелым катком с поливкой водой.

Признаками окончания уплотнения могут служить: отсутствие следа от катка и подвижности щебенки, исчезновение волны, раздавливание щебенки, брошенной под валец катка, тогда как при недостаточном уплотнении происходит вдавливание в кору брошенной под каток щебенки.

### ***Контроль качества при строительстве дорог.***

*Контроль геометрических параметров земляного полотна.* Строительство земляного полотна сопровождаются определением фактического планового и высотного положения его осей и бровок, а также крутизны откосов относительно их проектных геометрических параметров.

Правильность расположения земляного полотна в плане и профиле обеспечивают полнотой и точностью разбивочных работ, выполняемых по знакам выноски проекта на местность и реперам с помощью геодезических инструментов. Для контроля высотных отметок земляного полотна также можно использовать лазерный измерительный прибор ПИЛ-1. Его применение позволяет повысить точность измерений (погрешность не более  $\pm 1$  мм) и увеличить производительность труда геодезистов в 1,5...2 раза, а также дает возможность проводить работы в условиях недостаточной освещенности.

Проверку крутизны откосов выполняют с помощью переносных лекал-шаблонов.

Известны ускоренные способы контроля крутизны откосов. Для оперативного контроля качества планировки откосов и определения высоты земляного полотна Н. А. Михайленко предложил способ, позволяющий заменить эклиметром и рейкой шаблоны и геодезические инструменты (теодолиты, нивелиры). При проверке этих параметров к уложенной на откос рейке длиной 3...4 м прикладывают эклиметр и изменяют угол наклона  $\alpha$ . По делениям на рейке определяют наклонное расстояние  $l$ . Высота насыпи у бровки земляного полотна  $h$  (или глубина выемки) определяется по формуле

$$h = l \cdot \sin \alpha.$$

С помощью рейки одновременно выявляют неровности на поверхности откосов и устанавливают маяки для срезки или подсыпки грунта.

При контроле ведут журнал, в который записывают дату проверки, проектные, фактические параметры земляного полотна и их отклонения, объемы выполненных работ, а также выводы и предложения по оценке качества данных работ. По результатам контроля составляют исполнительную схему земляного полотна. Руководитель строительного подразделения (мастер, производитель работ) на основе этой схемы и данных журнала в случае допустимых отклонений дает разрешение на производство последующих работ, при значительных отклонениях дает указания и назначает срок на их устранение до начала последующих работ. Результаты контроля используют для выявления отклонений фактического объема земляных работ от проектного.

В случае выполнения земляных работ дорожными машинами (автогрейдерами, профилировщиками) со следящей системой управления, обеспечивающей их высотное положение и автоматическое движение по заданному курсу, осуществляют контроль качества установки копирных струн на всех этапах этого процесса.

При выполнении геодезических измерений не допускают установку теодолитов, нивелиров и других приборов в местах разработки грунтов экскаватором, на крутых откосах насыпей и выемок, на расстоянии не менее 1 м от бровки земляного полотна, работу на крутых поворотах без установки сигнальных постов и специальных предупредительных знаков.

*Учет и приемка земляных работ и земляного полотна.* Без приемки земляного полотна с оформлением соответствующего акта не допускают работы по строительству конструктивных слоев дорожной одежды. Дефекты и нарушения, выявленные во время технологических перерывов, к моменту сдачи должны быть устранены. До сдачи земляного полотна проводят промежуточную приемку водоотвода, дренажей, подпорных стенок, противооползневых и противоналедных сооружений. При этом работы по строительству дренажей принимают по мере готовности отдельных элементов как скрытые работы (продольный дренаж подлежит отдельной промежуточной приемке). Приемку с составлением актов освидетельствования скрытых работ производят после снятия мохового или дернового слоя, выторфовывания, корчевки пней, замены грунтов или осушения основания земляного полотна, установки копирных струн перед профилированием его поверхности.

Во время приемки земляного полотна проверяют его геометрические размеры, расположение в плане и продольном профиле, крутизну и укрепление откосов, качество уплотнения грунта, правильность расположения и оформления резервов, берм, нагорных канав. Грунтовые карьеры, резервы и отвалы предъявляют к сдаче в рекультивированном виде.

Ширину земляного полотна и крутизну откосов проверяют не менее чем в трех местах на каждом километре дороги, а также в местах, вызывающих сомнение при осмотре. Положение земляного полотна в плане проверяют, измеряя отдельные углы поворота и прямые между ними, а также выполняя контрольную проверку разбивки кривых. Отметки продольного профиля земляного полотна проверяют нивелированием на всех пикетах и в точках изменения проектных уклонов. При этом проверяют отметки оси дороги, бровок и дна водоотводных сооружений.

Качество грунта земляного полотна и степень его уплотнения проверяют по документации выполненных этапов производственного контроля и результатам лабораторных испытаний. Особое внимание уделяют местам засыпки труб и подходам к мостам. Контрольную проверку производят не менее чем в трех местах на каждом километре дороги и дополнительно над трубами и конусами мостов не менее чем на  $\frac{1}{3}$  общего их числа. При изменении вида грунтов по высоте земляного полотна назначают дополнительные испытания на соответствующей глубине.

Допустимые отклонения параметров основных конструктивных элементов земляного полотна и установленные правилами коэффициенты значимости  $\alpha_i$  позволяют оценивать качество отдельных видов работ по средневзвешенной величине оценок основных качественных параметров. Степень соответствия параметров требованиям проекта, нормативных документов может быть оценена на «отлично», «хорошо» или «удовлетворительно».

Общую оценку качества земляного полотна устанавливают как средневзвешенную величину из балльных оценок следующих видов работ: подготовки основания земляного полотна; возведения насыпей и разработки выемок; обеспечения водоотвода; укрепительных работ.

При возведении земляного полотна обычным комплектом машин допускают средний просвет под трехметровой рейкой не более 10 мм и при работе машин со следящей системой – 5 мм.

## **5.6. Особенности строительства насыпных сооружений в зимнее время**

Для возведения насыпей в зимнее время без ограничения могут применяться предварительно разрыхленные скальные грунты, щебень, гравий, крупный и средней крупности песок. Глинистые грунты допускаются для отсыпки, если их влажность не превышает влажности на границе раскатывания. Отсыпка насыпей из жирных глин, меловых

и трепельных грунтов не допускается. Не допускается укладка мерзлого грунта в насыпь в объемах, превышающих допустимые – до 10 % в напорных сооружениях, до 20 % в безнапорных дамбах и дорогах, до 50 %, если сооружение эксплуатируется после полной осадки. Не допускается также укладка комьев мерзлого грунта, если их размеры превышают  $\frac{2}{3}$  толщины слоя укладки.

До наступления устойчивых отрицательных температур проводят комплекс подготовительных мероприятий. При этом выполняется геодезическая разбивка осей основных сооружений, контуров карьера; расчистка от древесно-кустарниковой растительности площадей под сооружения и карьеров; устройство нагорно-ловчих каналов, открытой дренажной сети для осушения верхнего слоя грунта карьеров и основания плотины и защиты его от поверхностного стока; замена слабых грунтов основания плотины, если это предусмотрено проектом; строительство подъездных и землевозных дорог; защита грунтов карьера и основания сооружения от промерзания.

Мероприятия по предохранению грунтов основания и карьера от промерзания аналогичны рассмотренным ранее.

Объем земляных работ, выполняемых зимой, больше, чем выполняемых летом, на величину объема  $V_1$  мерзлого грунта, удаляемого с поверхности карьера, и на величину  $V_2$  объема мерзлого грунта, удаляемого с насыпи, в связи с задержками и перерывами в работе:

$$V_{\text{зим}} = V_{\text{лет}} + V_1 + V_2 = V_{\text{лет}} + K_1 V_{\text{лет}} + K_2 V_{\text{лет}} = V_{\text{лет}} (1 + K_1 + K_2);$$

$$K_1 = \frac{H_{\text{мерзл}}}{H_{\text{кар}}}.$$

Величина коэффициента  $K_2$  составляет 0,05...0,17 при температуре воздуха с  $-4...-20$  °С соответственно при односменной работе; 0,01...0,08 при той же температуре и непрерывной работе без длительных перерывов.

Существенно уменьшить объемы земляных работ можно за счет мероприятий по уменьшению глубины промерзания, а также в период непосредственного выполнения работ. Для этого необходимо организовывать и обеспечивать непрерывную разработку и укладку грунта с такой интенсивностью, чтобы он не успевал охлаждаться и промерзать. Переход на круглосуточную работу позволяет уменьшить объемы дополнительных работ более чем в 2 раза по сравнению с односменной работой, о чем можно судить по величине коэффициента  $K_2$ .

Удовлетворительное качество укладки может быть достигнуто только при условии концентрации, непрерывности работ и сосредото-

чении отсыпки в одном месте на минимально возможных площадках. Рабочие операции по укладке грунта следует по возможности выполнять одновременно. Наибольшая площадь карты, в пределах которой отсыпaeмый грунт не начнет смерзаться к началу отсыпки следующего слоя:

$$F = \frac{P T K_3}{h_{\text{сл}}},$$

где  $P$  – интенсивность укладки грунта, м<sup>3</sup>/ч;

$T$  – время до начала смерзания грунта в зависимости от температуры воздуха (например, при  $t = -5$  °С  $T = 1,5$  ч; при  $t = -10$  °С  $T = 1,0$  ч; при  $t = -20$  °С  $T = 0,7$  ч; при  $t = -30$  °С  $T = 0,35$  ч); при сильном ветре (более 3...4 баллов) время уменьшается в 2 раза;  $K_3 = 0,8$  – коэффициент, учитывающий случайные задержки.

На практике опробована и применяется укладка грунта ярусами высотой до 4...6 м с делением каждого яруса на отдельные призмы (рис. 5.14).

Отсыпка призм обычно ведется продольным способом, при этом грунт укладывается наклонными слоями с коэффициентом заложения 7...9. Такой способ обеспечивает благоприятные условия для перекрытия отсыпaeмых слоев с минимальными потерями тепла. Разбивка на призмы в направлении поперечном по отношению к оси не допускается, так как возможно образование сосредоточенных очагов фильтрации поперек тела плотины. Во избежание ухудшения устойчивости низового откоса призмы следует отсыпать, начиная со стороны нижнего бьефа.

Верхняя горизонтальная поверхность каждой призмы перед отсыпкой вышележащего яруса должна быть очищена от снега, наледи и обработана раствором поваренной соли. Раствор температурой не ниже 30 °С из расчета 1...2 л/м<sup>2</sup> и концентрацией 0,25...0,30 кг/л обеспечивает отогрев и оттаивание грунта на площади контакта с отсыпaeмым слоем. Боковые поверхности при отсыпке примыкающих призм также очищают от снега и наледи и обрабатывают раствором соли.

Попадание снега и льда в тело плотины не допускается. Отсыпанный и замерший до уплотнения грунт должен быть убран за пределы плотины. Доставку грунта из карьера организуют автосамосвалами с обогревом кузова или с брезентовыми покрывалами. Доставляемый из карьера грунт во избежание больших потерь тепла следует отсыпать кучно, укрывая по возможности пленкой. Для уменьшения намерзания грунта дно кузова следует посыпать сухими опилками или шлаком, а

также смазывать концентрированным раствором  $\text{NaCl}$  и  $\text{CaCl}_2$ . Объем накапливаемого на карте грунта должен быть не менее  $100 \dots 150 \text{ м}^3$ : после чего пленку убирают и бульдозер разравнивает грунт слоем максимально возможной толщины. Влажность грунта должна быть на  $2 \dots 4 \%$  ниже оптимальной.

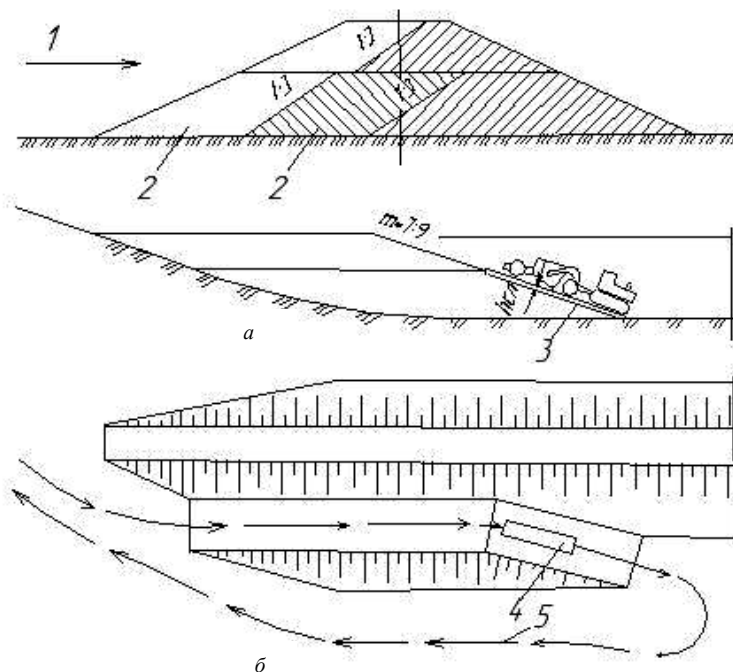


Рис. 5.14. Деление сооружения на ярусы и призмы укладки грунта при возведении насыпного сооружения в зимнее время: *а* – разбивка на ярусы и призмы укладки грунта в насыпь; *б* – укладка грунта наклонными слоями; 1 – верхний бьеф; 2 – призмы укладки; 3 – наклонная площадка; 4 – выгрузка грунта скрепером; 5 – путь движения скреперов в карьере

Нельзя оставлять транспортные средства на время перерывов полностью или частично не разгруженными.

При строительстве дорог на болотах возможна укладка грунта на промерзшее торфяное основание. Однако при этом надо учитывать, что грунт под насыпью оттаивает неравномерно по ширине насыпи и в течение длительного периода (при глубине промерзания  $30 \dots 50 \text{ см}$  примерно до июня). Неравномерность оттаивания, а следовательно, и

неравномерность осадки торфа, наличие мерзлых комьев грунта и снега вызывают при оттаивании заметное разуплотнение насыпи. В связи с этим такие дороги нельзя эксплуатировать в течение первого года. Они требуют, как правило, дополнительных работ в летний период по профилированию и уплотнению. В течение первого года происходит стабилизация осадки и уплотнение под действием собственной силы тяжести и проходящих механизмов. При устройстве в зимних условиях земляного полотна на болотах можно уменьшить требования к уплотнению грунта, ограничившись тщательным разравниванием и уплотнением его гусеницами тракторов.

### 5.7. Ремонт насыпных сооружений

В процессе эксплуатации сооружений возникают деформации откосов, появляются трещины и норы землеройных животных в теле насыпи, возможен размыв сооружения (образование прорана).

Приступая к восстановлению откосов, удаляют оползневый грунт у подошвы и вывозят его или разравнивают по прилегающей территории. Ремонт верхового откоса выполняют при полностью опорожненном или пониженном уровне водохранилища. При значительном объеме оползней ремонт откоса осуществляют горизонтальными слоями с подрезанием и устройством уступов на существующей насыпи и последующей укладкой грунта слоями толщиной 0,15...0,50 м в обычном порядке с доувлажнением и уплотнением грунта (рис. 5.15).

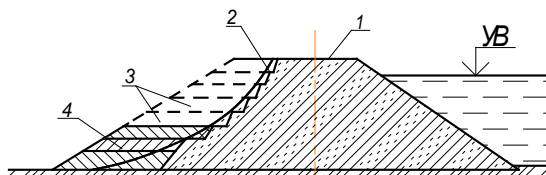


Рис. 5.15. Схема отсыпки грунта горизонтальными слоями:  
1 – гребень дамбы; 2 – уступы на сохранившейся части насыпи;  
3, 4 – проектные и уложенные слои грунта

При небольших повреждениях откосов грунт укладывают наклонными слоями. Вначале его довозят на гребень сооружения и сдвигают бульдозером на откос. Затем экскаватором с планировочным ковшом или с телескопическим оборудованием его разравнивают по поверхности откоса и уплотняют вальцовым катком (рис. 5.16). После восстановления откосов выполняют их крепление в обычном порядке.

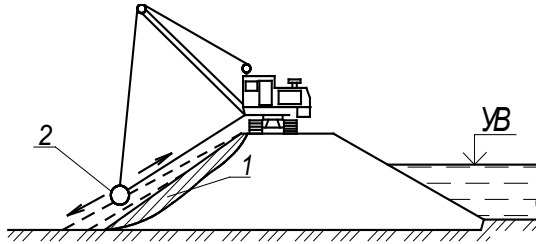


Рис. 5.16. Схема отсыпки грунта наклонными слоями:  
1 – укладываемый слой грунта; 2 – вальцовая трамбовка

Норы землеройных животных ликвидируют перекопкой и уплотнением грунта, заполнением цементно- или гипсоспесчаным раствором, а также устройством грунтового замка. В последнем случае поперек норы устраивается траншея глубиной, превышающей глубину норы на 0,5 м, в которую с трамбованием укладывают грунт (замок).

Трещины в теле насыпи – продольные и поперечные – подлежат немедленной ликвидации путем устройства траншей в зоне расположения трещины и послойной засыпки ее с трамбованием.

При высоком уровне воды в водохранилище во избежание просачивания в траншею устраивают шпунтовое ограждение (рис. 5.17).

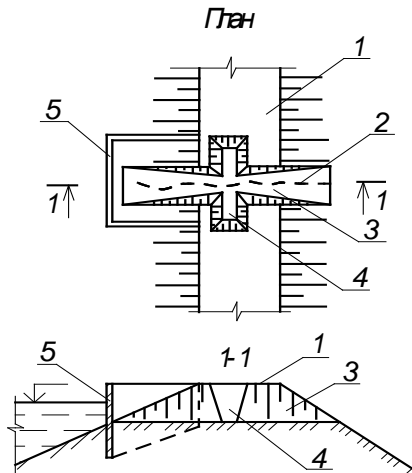


Рис. 5.17. Схема заделки поперечной трещины в грунтовой плотине:  
1 – гребень плотины; 2 – трещина; 3, 4 – траншеи для устройства замка;  
5 – шпунтовая стенка

Образовавшийся в результате серьезной аварии проран ликвидируют послойной отсыпкой грунта горизонтальными слоями в таком же порядке, как и при отсыпке нового сооружения. Предварительно следует убрать рыхлый оползневый грунт за пределы насыпи и бульдозером выполнить уступы на откосах прорана (рис. 5.18).

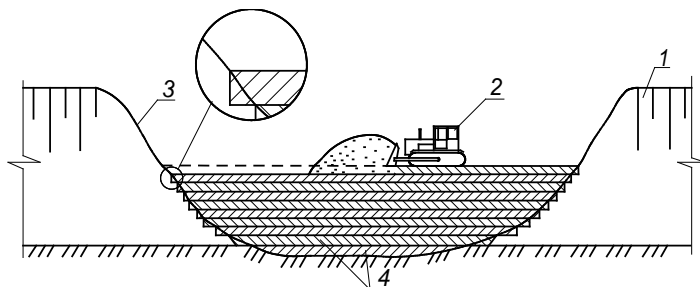


Рис. 5.18. Схема заделки прорана в грунтовой плотине:  
 1 – существующая плотина; 2 – бульдозер; 3 – контурная линия прорана;  
 4 – отсыпка грунта горизонтальными слоями

## 5.8. Контроль качества при строительстве плотин, дамб и дорог

В ходе строительства насыпных сооружений и при сдаче работ контролируют плановое и высотное положение насыпей в пространстве; геометрические размеры сооружения и ровность поверхности; свойства грунтов, используемых для возведения насыпных сооружений и залегающих в их основании; качество укладки грунтов.

При возведении и контроле профильных насыпей, отметки верха которых твердо заданы, следует учитывать запас на осадку грунтов в теле насыпи до 3 % от высоты на сжимаемых грунтах и на осадку основания. На лессовых грунтах следует учитывать прогнозируемую просадку. Для получения заданной крутизны откосов используют шаблоны. При необходимости часто измерять крутизну откосов с различными коэффициентами заложения лучше использовать откосомеры и универсальные шаблоны.

Допускаемые отклонения размеров от проектных следующие:

- отклонения отметок бровок или оси сооружения  $\pm 0,05$  м;
- сужение земляного полотна между осью и бровкой: для плотины не допускается, для дорог – 10 см;
- увеличение крутизны откосов: для плотин не допускается, для дорог +10 %;
- поперечные размеры дренажной призмы  $\pm 5$  см.

Допустимые отклонения при возведении профильных насыпей следующие:

- смещение фактической оси от разбивочной: для плотины не допускается, для дамб обвалования – 20...50 см при напоре соответственно 1...2 м;

- отклонения ширины по гребню: для плотин не допускается, для дамб и дорог – 15...50 см; отметок бровок и оси: для плотин и дамб также не допускается, для земляного полотна дорог – до 50 мм;

- отклонения требуемого коэффициента уплотнения – 4 % не более чем у 10 % образцов;

- увеличение крутизны откосов для плотин не допускается, для дамб – 15 %, для дорог – 10 %.

После вскрышных работ в основании насыпей перед их возведением необходимо проверить качество грунтов основания, чтобы выявить соответствие свойств фактически вскрытых в основании грунтов свойствам, принятым в проекте. Систематический контроль необходим в процессе укладки и уплотнения грунта. Требуемая для сооружения плотность должна быть указана в проекте и обеспечена в процессе строительства, так как она определяет устойчивость откосов, фильтрационную прочность, положение депрессионной кривой.

Требуемый состав определяемых характеристик и объем грунта, от которого отбирают пробы, следующий:

- для глинистых и песчаных грунтов без крупных включений методом режущего кольца – 100...200 м<sup>3</sup> с определением плотности и влажности;

- для мелкозернистых и гравийно-галечниковых грунтов с крупными включениями методом шурфиков – 200...400 м<sup>3</sup>.

Кроме того, для оценки плотности на строительстве применяют следующие методы: пенетрации, радиометрический.

Отсыпка насыпей на слабые основания (торф со степенью разложения 50...70 %), рыхлые водонасыщенные заторфованные грунты или имеющие примеси органических веществ осуществляется слоями, причем последующий слой укладывается только после консолидации основания под влиянием ранее приложенных нагрузок. Осадка основания может явиться причиной образования трещин в теле насыпи. При их появлении требуется разделка трещины путем отрывки траншей, засыпки их и ручного уплотнения. Время, необходимое для консолидации основания при заданной нагрузке (высоте насыпи), определяется опытным путем в период строительства нивелировкой специальных марок, устанавливаемых на контакте насыпи с основанием.

До начала отсыпки первое звено марки определенной длины с площадкой устанавливается на выровненное основание и верх ее нивелируется. Затем марка осторожно присыпается грунтом насыпи заданной толщины. Нивелировка верха марки проводится в день засыпки и затем первые 5...7 дней ежедневно, а в дальнейшем один раз в 10...15 дней. После достижения заданной степени консолидации, когда рост осадки приобретает явно затухающий характер, верх марки очищается от грунта и с помощью муфты присоединяется следующее звено определенной длины. После нивелировки верха наращенной марки производится увязка отметок и отсыпается следующий слой. Если осадка не затухает или скорость ее увеличивается – работы по отсыпке следует прекратить или увеличить ширину насыпи по сравнению с проектной.

## **6. ПРОИЗВОДСТВО КОМПЛЕКСНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ РАБОТ В ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

### **6.1. Задачи и показатели комплексной механизации**

Комплексная механизация во всех отраслях строительства является важнейшим фактором, обеспечивающим повышение производительности и условий труда, сокращение удельного веса ручных работ, снижение стоимости и сокращение сроков производства работ. Особое значение она приобретает в настоящее время, характерным для которого является дефицит всех видов материальных ресурсов.

Комплексная механизация предполагает, прежде всего, механизацию всех процессов. Механизированным считается процесс, выполняемый не за счет мускульной силы рабочих, а при помощи машин, механизмов, механизированных инструментов, использующих внешние источники энергии.

**Комплексная механизация** – это главное направление технического прогресса, при котором все основные и вспомогательные технологические процессы и операции выполняются комплектом машин.

**Комплект машин** – это совокупность согласованно работающих и взаимно увязанных по производительности и другим параметрам основных и вспомогательных машин, необходимых для выполнения технологически связанных трудоемких процессов и операций.

Машины в составе комплекта должны быть подобраны и увязаны между собой так, чтобы при полной загрузке их обеспечивалась наименьшая стоимость работ, оптимальная продолжительность строительства, наибольшая производительность труда рабочих в конкретных условиях производства работ.

Существуют две группы показателей комплексной механизации:

1-я группа – показатели, оценивающие оснащенность строительных организаций машинами и оборудованием;

2-я группа – технико-экономические показатели.

К первой группе относятся механо- и энерговооруженность, уровень комплексной механизации.

Механовооруженность строительства – это отношение суммарной балансовой стоимости машин и оборудования строительной организации к ее годовой стоимости СМР, т. е.

$$M = \frac{\Sigma C_{\text{мб}}}{C_{\text{г}}},$$

а механовооруженность рабочих – отношение той же стоимости к среднему за год числу рабочих, т. е. сколько рублей стоимости машин приходится на одного рабочего.

Энерговооруженность строительства (кВт/руб.) и рабочих (кВт/чел.) определяется по следующим формулам

$$\mathcal{E}_{\text{с}} = \frac{\Sigma N_i}{C_{\text{г}}}; \quad \mathcal{E}_{\text{р}} = \frac{\Sigma N_i}{N},$$

где  $N_i$  – суммарная мощность двигателей автомобилей, машин, установок, инструментов, кВт;

$C_{\text{г}}$  – годовая стоимость СМР, руб.;

$N$  – среднегодовая численность рабочих ПМК.

Энерговооруженность труда рабочих эффективно (прямо пропорционально) влияет на производительность труда. Однако с увеличением мощности и сложности машин интенсивность роста производительности труда уменьшается из-за увеличения трудоемкости технического обслуживания более мощных и сложных машин.

Уровень комплексной механизации – это доля объема (в физических единицах или стоимости) комплексно-механизированных работ от общего объема работ данного вида. Значения уровня комплексной механизации в водохозяйственном строительстве в среднем составляют: на земляных работах – 97,2 %, монтаже сборных железобетонных сооружений – 97,7 %, строительстве дренажа – около 100 %.

Вторая группа показателей (технико-экономические) включает себестоимость единицы объема работ, трудоемкость (выработку), удельные энергоемкость и металлоемкость, расход топлива.

Фактическое и нормативное значение себестоимости продукции, или единицы объема работ (руб/ед. об.), определяется по следующим формулам:

$$C_{\text{ед}}^{\text{ф}} = \frac{C}{W} = \frac{C}{W} \cdot \frac{T_{\text{ч}}}{T_{\text{ч}}} = \frac{C_{\text{м.-ч}}}{P_{\text{эч}}};$$

$$C_{\text{ед}}^{\text{н}} = \frac{C_{\text{м.-ч}}}{H_{\text{пр}}} = C_{\text{м.-ч}} H_{\text{вр}},$$

где  $C$  – расход денежных средств на выполнение объема работы  $W$ ;

$T_{\text{ч}}$  – количество часов, за которое выполнен объем работ  $W$ ;

$C_{\text{м.-ч}}$  – стоимость одного машино-часа эксплуатации машины;

$P_{\text{эч}}$  – фактическая часовая эксплуатационная производительность машины;

$H_{\text{пр}}$  и  $H_{\text{вр}}$  – соответственно норма производительности и машинного времени рассматриваемой машины в конкретных производственных условиях.

Стоимость одного машино-часа эксплуатации машины рассчитывается по определенной методике и включает следующие расходы:

амортизационные отчисления на приобретение владельцем новой машины после выработки ресурса старой;

затраты на приобретение эксплуатационных материалов (топливо-смазочные материалы, рабочие жидкости гидросистем, быстроизнашивающиеся материалы – стальные канаты и т. п.);

затраты на приобретение запасных частей и зарплату бригад по обслуживанию и ремонту машины с накладными расходами на нее;

заработную плату экипажа машины;

отчисления на социальное страхование экипажа машины и рабочих-ремонтников;

затраты по доставке машины на объект строительства (при необходимости включая затраты по демонтажно-монтажным работам – снятие стрелы и ковша экскаватора перед перевозкой и монтаж на месте производства работ).

На величину стоимости машино-часа существенно влияет годовой режим работы машины (число часов работы в год), так как при фиксированной норме амортизационных отчислений и малом  $T_{\text{ч}}$  резко возрастает доля амортизационных отчислений в стоимости машино-часа при практически постоянных значениях остальных факторов, влияющих на стоимость машино-часа.

Себестоимость единицы объема работы изменяется от мощности применяемых машин по гиперболической зависимости. Для вновь создаваемых и внедряемых машин, выпускаемых малыми сериями и имеющих высокую начальную цену, зависимость усложняется. В частности, из-за больших амортизационных отчислений сложных мощных машин себестоимость единицы объема может возрасть.

Себестоимость  $C_{ед}$  зависит также от объема работ на объекте. Более мощные машины следует применять при больших сосредоточенных объемах, так как для них больше затраты на перебазировки и связанные с ними демонтажно-монтажные работы. Объем  $W_x$ , при котором себестоимости ( $C_{ед}$ ) равны для двух машин различной мощности ( $N_i, N_j$ ), можно рассчитать, приравняв  $C_{ед i}$  и  $C_{ед j}$  и решив полученное уравнение относительно  $W_x$ :

$$C_{ед i} = \frac{C_{м-ч} - p_{ед}}{\Pi_{эч}} + \frac{p_{ед}^{\phi}}{W_x},$$

где  $p_{ед}, p_{ед}^{\phi}$  – единовременные затраты на перебазировку, соответственно учтенные в расчетной цене  $C_{м-ч}$  и фактические.

Если объем работы на объекте меньше найденного  $W_x$ , выгоднее использовать менее мощную машину, в противном случае – более мощную.

Себестоимость единицы профильного объема комплексно-механизированных работ выражается зависимостью

$$C_{ед}^к = \frac{1}{W} \left( K_{нр}^м \sum_{i=1}^n C_{м-ч i} M_{м-ч i} + K_{нр}^р \sum Z_p \right),$$

где  $K_{нр}^м, K_{нр}^р$  – коэффициенты накладных расходов соответственно на затраты по эксплуатации машин (1,15) и на зарплату рабочих на немеханизированных операциях (1,06);

$M_{м-ч}$  – машиноемкость  $i$ -й операции в машино-часах, зависящая от объема работ по операции и производительности машин.

Трудоемкость механизированного процесса и выработка механизаторов (производительность труда) рассчитываются по следующим формулам:

$$E_{ед}^{\phi} = \frac{E}{W} \frac{T_{ч}}{T_{ч}} = \frac{K}{\Pi_{эч}};$$

$$E_{\text{ед}}^{\text{н}} = \frac{H_{\text{ч}}}{\Pi_{\text{эч}}} = H_{\text{ч}} H_{\text{вр}};$$

$$\Pi_{\text{м}} = \frac{W}{E} = \frac{1}{E_{\text{ед}}} = \frac{\Pi_{\text{эч}}}{K};$$

$$H_{\text{выр}} = \frac{H_{\text{вр}}}{H_{\text{ч}}} = \frac{1}{H_{\text{ч}} H_{\text{вр}}},$$

где  $E_{\text{ед}}^{\phi}$ ,  $E_{\text{ед}}^{\text{н}}$  – трудоемкость механизированного процесса соответственно фактическая и нормативная, чел. · ч/ед. об.;

$E$ ,  $T_{\text{ч}}$  – соответственно количество труда в человеко-часах и времени в часах, затраченных на выполнение машиной объема работы  $W$ ;

$\Pi_{\text{м}}$  – фактическая выработка механизаторов (производительность труда), ед. об/(чел. · ч);

$H_{\text{выр}}$  – нормативная выработка (норма выработки) механизаторов, ед. об/(чел. · ч);

$K$  – фактический численный состав звена, обслуживающего машину;

$H_{\text{ч}}$  – норма численности, чел.

Удельные энергоемкость ( $\mathcal{E}_{\text{ед}}$ , кВт · ч/ед. об.), расход топлива ( $G_{\text{т}}$ , кг/ед. об.) и материалоемкость ( $g_{\text{ед}}$ , кг/ед. об.) рассчитываются по следующим формулам:

$$\mathcal{E}_{\text{ед}} = \frac{\mathcal{E}}{W} \frac{T_{\text{ч}}}{T_{\text{ч}}} = \frac{N}{\Pi_{\text{эч}}} K_N;$$

$$G_{\text{т}} = q \mathcal{E}_{\text{ед}};$$

$$g_{\text{ед}} = \frac{G_{\text{м}}}{\Sigma W},$$

где  $\mathcal{E}$  – количество энергии, расходуемой на выполнение объема  $W$ , кВт · ч;

$N$  – мощность двигателя машины, кВт;

$K_N$  – коэффициент использования мощности (~0,6);

$q$  – удельный расход топлива машиной, кг/(кВт · ч);

$G_{\text{м}}$  – масса машины с учетом массы заменяемых деталей и узлов за весь срок ее службы, кг;

$\Sigma W$  – выработка машины за весь срок службы, ед. об.

## 6.2. Методика выбора комплектов машин

Рассматриваемый вопрос имеет очень большое производственное и экономическое значение, так как от того, насколько обоснованно выбран комплект машин, зависят все производственные и экономические показатели.

Выбирая качественный состав комплекта машин, необходимо руководствоваться следующими принципами:

принимать для производства работ лишь те типы и марки машин, которые имеются в наличии у подрядной строительной организации или могут быть арендованы;

условия производства работ должны полностью соответствовать условиям применения рассматриваемых машин;

технологические параметры используемых типов и марок машин должны соответствовать проектным параметрам возводимого сооружения;

применять те типы и марки машин, которые имеют лучшие значения технико-экономических показателей.

Выбор качественного состава комплекта машин для комплексной механизации строительно-монтажных работ осуществляется в два этапа.

На первом этапе в зависимости от природных условий объекта, принятой технологии производства работ, технологической структуры процесса или специализированного потока намечаются основные рабочие операции (т. е. операции, имеющие наибольшую трудоемкость и стоимость), определяются требуемые эксплуатационные параметры основных машин, их типы и марки, а также перечень технологически необходимых вспомогательных машин и их типы.

Намечается принципиальная схема расстановки машин для выполнения процесса или специализированного потока. В результате определяются несколько возможных вариантов типов основных машин и соответствующих им вспомогательных.

Важнейший момент при решении задач комплексной механизации – выбор машин для выполнения ведущей операции. При этом учитываются следующие факторы: объем работ на объекте, интенсивность потока, вид и состояние материалов, подлежащих переработке, дальность транспортирования материалов, размеры строящегося сооружения в плане, высота или глубина его заложения, климатические или метеорологические условия.

Выбирая ведущие машины, необходимо иметь в виду, что их количество не должно быть слишком большим, так как потребуются боль-

шое число механизаторов, усложнится обслуживание машин и могут возникнуть затруднения с размещением их на небольших по площади объектах. Не следует ориентироваться и на малое число крупных машин, так как это может привести к неполной загрузке их, а при непредвиденном отказе – к резкому сокращению темпов работ или полному их прекращению.

При выборе комплектующих (не ведущих) машин необходимо руководствоваться следующими соображениями: число типов и марок машин в комплекте должно быть минимальным; выгоднее применять такие машины, которые могут быть использованы на нескольких операциях (универсальные); производительность машин должна быть достаточной для обеспечения непрерывной работы ведущих машин комплекта.

На втором этапе производится выбор оптимального варианта механизации на основании технико-экономического сравнения основных и дополнительных показателей себестоимости и трудоемкости единицы продукции или объема, удельного расхода топлива, продолжительности производства работ, удельных энерго- и материалоемкости, приведенных затрат.

Продолжительность производства (раб. дн.) данного вида механизированных работ рассчитывается по следующей формуле:

$$T = \frac{W}{\Pi_{\text{см.к}} K_{\text{см}}} + \sum T_i,$$

где  $W$  – объем выполняемых работ в физических измерителях;

$\Pi_{\text{см.к}}$  – сменная эксплуатационная производительность комплекта машин, ед. прод./см.;

$K_{\text{см}}$  – коэффициент сменности.

$$\sum T_i = T_{\text{м}} + T_{\text{п}} + T_{\text{т}},$$

где  $T_{\text{м}}$  – продолжительность демонтно-монтажных работ;

$T_{\text{п}}$  – продолжительность перебазировки машин на новый участок, захватку, если она не учтена в  $\Pi_{\text{см.к}}$ ;

$T_{\text{т}}$  – продолжительность технологических перерывов, связанных с выполнением работ.

Основным оценочным критерием при приобретении машин и комплектовании новых баз механизации являются приведенные затраты (руб/ед. об.), которые для  $i$ -го варианта комплекта машин можно рассчитать по следующей формуле:

$$ПЗ_i = C_{ед}^к + E_n \sum_{j=1}^n C_{бj} \frac{T_{оj}}{T_{гj}},$$

где  $E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений;

$n$  – число машин в комплекте;

$C_{бj}$  – балансовая стоимость  $j$ -й машины в комплекте, руб.;

$T_{оj}, T_{гj}$  – соответственно продолжительность работы  $j$ -й машины на объекте и ее годовой фонд рабочего времени в часах.

В ряде случаев при выборе оптимального комплекта машин приведенные затраты по одному из вариантов окажутся минимальными, а трудоемкость и продолжительность производства работ – большими, чем по другим вариантам. В зависимости от конкретных условий строительства – дефицит рабочей силы, необходимость сжатых сроков строительства – предпочтение отдадут тому варианту механизации, при котором трудоемкость и сроки производства работ будут минимальными.

Если в подобранных комплектах машин применяются одинаковые вспомогательные машины и комплекты отличаются только основными машинами, то все технико-экономические расчеты при выборе оптимального варианта производятся только по основным машинам. При разных типах основных и вспомогательных машин в комплекте расчеты производятся по всему комплекту в целом.

Задача выбора машин для производства работ решается исходя из имеющегося парка машин строительной организации, а также руководствуясь действующей системой машин для мелиоративного строительства. Система машин – это изменяющаяся по времени совокупность машин, транспортных средств, ручных машин, вспомогательного оборудования, сформированная на основе технологических требований строительства с учетом перспективы развития мелиоративных систем и сооружений и обеспечивающая комплексно-механизованное выполнение строительного-монтажных процессов.

## **7. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

### **7.1. Способы осушения котлованов и условия их применения**

Строительство гидротехнических сооружений часто ведется на затопляемых паводками поймах, непосредственно в русле водотока под прикрытием перемычек, которые изолируют стройплощадку от водного пространства, а также при высоких уровнях грунтовых вод.

Эти особенности приводят к тому, что большая часть работ по возведению сооружений выполняется в котлованах при непрерывном значительном притоке грунтовых вод, тем больше, чем больше размеры котлована и фильтрационная способность грунтов. Для обеспечения нормальных условий производства работ приходится непрерывно откачивать эту воду либо непосредственно из котлована, либо перехватывая ее за пределами выемки.

Другие способы защиты котлованов (устройство экранов, закрепление грунтов, применение опускных колодцев) обычно сложнее и менее экономичны.

Разработка котлована, размещенного на пойме, начинается обычно одновременно с устройством перемычек и монтажом оборудования для понижения УГВ. Эксплуатация водопонижительных установок в этом случае организуется так, чтобы снижение УГВ опережало на 1,0...1,5 м заглубление котлована. Если котлован размещается в русле водотока, работам по водопонижению предшествуют работы по ограждению будущего котлована перемычками. Работы по осушению здесь складываются из удаления воды из отгороженного котлована и откачки воды, фильтрующейся в котлован при понижении уровня в нем. При песчаных грунтах и наличии напорных грунтовых вод разработке котлована предшествует организация глубинного понижения УГВ под всей площадью котлована.

Таким образом, применяются два способа осушения котлованов:

– способ открытого водоотлива, при котором все виды работ в котловане выполняются одновременно с осушением его откачкой воды, поступающей через стенки и дно котлована;

– способ искусственного понижения УГВ с откачкой воды из колодцев, расположенных по периметру котлована в расчете на недопущение поступления воды в котлован.

Открытый водоотлив при откачке воды с подъемом на меньшую высоту, требующий несложных подготовительных работ, является в целом мероприятием менее дорогим, чем искусственное понижение УГВ. Однако 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. Деформация стенок и дна котлована может происходить в результате взвешивания грунта фильтрационным давлением и явления механической суффозии грунта, т. е. вымывания из него мельчайших частиц, в результате чего нарушается статическая устойчивость откосов, грунт в основании сооружения разрыхляется и теряет несущую способность.

Допустимые градиенты фильтрационных потоков  $J_{\text{доп}}$ , при которых откосы сохраняют свою устойчивость, связаны с механическим составом грунтов, характеризуемым коэффициентом неоднородности  $E = \frac{d_{60}}{d_{10}}$ . Для грунтов с  $E < 10$   $J_{\text{доп}} = 0,4$ ; при  $E = 10 \dots 20$   $J_{\text{доп}} = 0,2$ ; при  $E > 20$   $J_{\text{доп}} = 0,1$ .

Фактический градиент фильтрационного потока зависит от конфигурации котлована, расположения котлована по отношению к открытым водоемам и водотокам, от условий фильтрации воды через толщу грунта и определяется отношением

$$J_{\phi} = \frac{H}{l_{\phi}},$$

где  $H$  – полное падение напора, м;

$l_{\phi}$  – длина пути, на которой гасится напор (рис. 7.1).

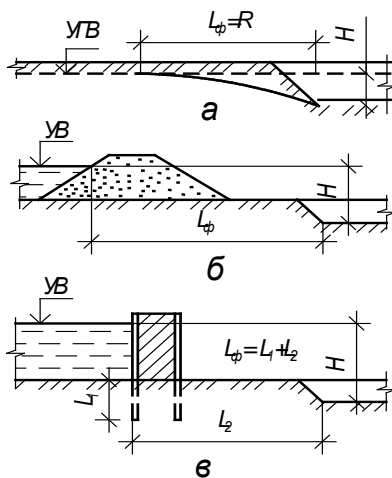


Рис. 7.1. Схемы к определению фактического градиента фильтрационного потока

При  $J_{\phi} < J_{\text{доп}}$  устойчивость откосов будет обеспечена и открытым водоотливом. В противном случае следует применять искусственное понижение УГВ. Помимо устойчивости откосов и сохранности дна котлована надо учитывать способность грунтов отдавать воду. Грунты

с плохой проницаемостью при  $K_{\phi} \leq 1 \dots 2$  м/сут не могут быть хорошо обезвожены обычной откачкой воды из скважин и требуют более сложных приемов водопонижения: вакуумного и электроосмотического.

При выборе способа осушения следует ориентироваться на более дешевые способы: в первую очередь на открытый водоотлив, затем на водопонижение скважинами и только в случаях их технической неэффективности переходить к более сложным и дорогим способам.

## 7.2. Первичное осушение котлованов

Задачей первичного осушения котлованов является удаление воды из пространства, замкнутого перемычками, при русловой или полупойменной компоновке сооружения. Объем воды, удаляемой при этом из котлована, складывается из начального объема и дополнительного, поступающего в котлован в процессе его осушения вследствие фильтрации воды через ограждающие перемычки, дно и откосы котлована, а также за счет атмосферных осадков и стока со склонов и берегов. Величина дополнительного объема воды зависит от типа перемычек и напора на них, длины напорного фронта, размеров котлована, геологических условий, коэффициентов фильтрации грунтов и продолжительности осушения. В общем случае объем первоначального водоотлива можно выразить формулой

$$W = V + qtF_{\kappa}H,$$

где  $V$  – объем воды в замкнутом перемычками пространстве,  $\text{м}^3$ ;

$q$  – удельный приток воды в котлован через перемычки, откосы и дно котлована,  $\text{м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{м})$ ;

$t$  – продолжительность первичного осушения, ч;

$F_{\kappa}$  – площадь котлована,  $\text{м}^2$ ;

$H$  – напор, м.

На предварительных стадиях проектирования приток в котлован (в  $\text{м}^3/\text{ч}$ ) можно приближенно оценить по следующим удельным его значениям (на  $1 \text{ м}^2$  площади котлована), отнесенным к напору 1 м (И. И. Кандалов):

песок мелкозернистый – 0,16;

песок среднезернистый – 0,24;

песок крупнозернистый – 0,30;

песок гравелистый с крупнозернистым песком – 0,35.

При строительстве крупных гидроузлов продолжительность водоотлива составляет 2...4 недели, а объем откачки – в среднем 3...4 первоначальных объема воды в котловане.

Важным вопросом при организации первичного водоотлива является назначение срока осушения котлована. С одной стороны, быстрее начало основных работ, с другой – обеспечение устойчивости берегов, откосов перемычек и дна котлована при откачке, так как резкое снижение уровня воды может привести к их разрушению. Суффозионная деформация грунта проявляет себя непосредственно за снижением горизонта воды. Оползневые же деформации откоса и деформация выпора происходят внезапно и не могут быть обнаружены заблаговременно визуальными наблюдениями.

Практика строительства показывает, что в первые дни интенсивность понижения уровня воды не должна превышать 0,5...0,7 м/сут (крупнозернистые и скальные грунты), 0,3...0,4 м/сут (среднезернистые) и 0,15...0,20 м/сут (мелкозернистые грунты).

Снижение уровня воды в котловане приводит к уплотнению перемычек за счет увеличения напора и фильтрационных градиентов и уменьшению  $K_f$ , который уменьшается как за счет уплотнения грунта и естественной коагуляции, так и в результате специально принятых мер по уплотнению присыпки с напорной стороны глинистого грунта или шлака, заиливания шпунта и т. д. Это позволяет увеличить интенсивность откачки и довести ее до 1,0...1,5 м/сут.

Для обеспечения устойчивости дна котлована осушение последних 1,5...2,0 м производят медленно, а воду отводят из пониженных частей котлована. Если дно котлована подвержено воздействию напорных грунтовых вод, то одновременно с осушением производят снижение пьезометрического уровня напорных грунтовых вод до безопасного значения установками грунтового водопонижения или самоизливающимися скважинами и сохраняют этот уровень в течение всего срока строительства. В редких случаях, когда предусмотрено затопление котлована высокими паводками, его осушают сразу на спаде воды в реке. При промедлении уровень воды в котловане окажется выше, чем в реке, что приведет к расстройству всей системы уплотнения перемычек.

### **7.3. Поддержание котлована в осушенном состоянии**

#### ***Открытый водоотлив.***

В течение всего срока строительства сооружения ведут текущий водоотлив, который предохраняет котлован от затопления и разрушения грунтовыми водами, обеспечивает нормальные условия экскавации грунта и бесперебойное движение транспорта. Текущий водоотлив выполняют открытым дренажем или установками грунтового водопонижения.

Открытый водоотлив (рис. 7.2) применяют для поддержания котлована в осушенном состоянии в грунтах, устойчивых против фильтрационных деформаций. В мелкозернистых грунтах предусматривают мероприятия, предупреждающие разрушение откосов и дна котлована (устройство дренажной пригрузки по всей площади мокрого откоса котлована).

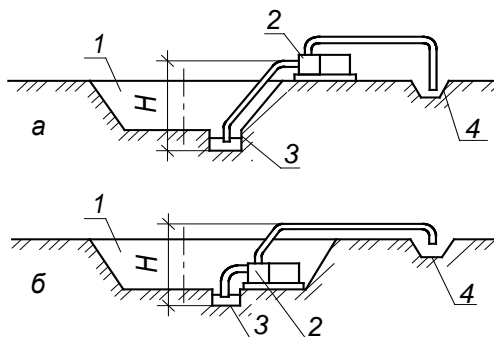


Рис. 7.2. Схемы осушения котлованов открытым водоотливом:  
*а* – при малой глубине котлована; *б* – при большой глубине котлована;  
 1 – котлован; 2 – насосный агрегат; 3 – приямок; 4 – водоотводная канавка

Водосборную систему устраивают обычно по всему периметру котлована, на самых низких его отметках. Размеры канав и колодцев рассчитывают в зависимости от ожидаемого притока в них. Дренажные канавы выполняют с уклоном  $0,002 \dots 0,005$  в сторону водосборного колодца. Его размер в плане порядка  $1,5 \times 1,5$  м, глубина должна быть 2 м и более в зависимости от мощности насоса. Минимальный размер колодца выбирают исходя из условия обеспечения непрерывной работы насоса в течение 10 мин. Колодец крепят по периметру, на дне устраивают обратный фильтр. В суффозионно-неустойчивых грунтах обратный фильтр устраивают и по периметру колодца за его креплением. В качестве насосных агрегатов применяют самовсасывающие центробежные насосы.

Различают два расчетных случая при определении притока воды в котлован: первый случай – котлован совершенный, доходит до водупора и вода поступает в него только через откосы; второй – котлован несовершенного типа, водупор находится на большей глубине и вода поступает и через откосы, и через дно (рис. 7.3). Приток воды в котлован определяют для установившегося движения при понижении УГВ до заданной отметки. При расчете притока воды совершенный котло-

ван площадью  $F$  приводят к равновеликому кругу радиуса  $R_\phi$  и определяют приток по формуле Дюпюи:

$$Q = \pi K_\phi \frac{H^2}{\ln \frac{R+r}{r}},$$

где  $Q$  – приток воды, м<sup>3</sup>/сут;

$K_\phi$  – коэффициент фильтрации грунта водоносной толщи, м/сут;

$H$  – мощность безнапорного водоносного пласта, м;

$R$  – радиус действия котлована или среднее расстояние от него до уреза воды в реке (принимается меньшее из них), м;

$$R = 2S\sqrt{K_\phi H};$$

$r$  – приведенный радиус котлована, определяемый для квадратных или близких к кругу котлованов по формуле

$$r = \sqrt{\frac{F}{\pi}};$$

для прямоугольных –

$$r = \sqrt{\frac{P}{2\pi}};$$

$S$  – понижение УГВ в котловане, м.

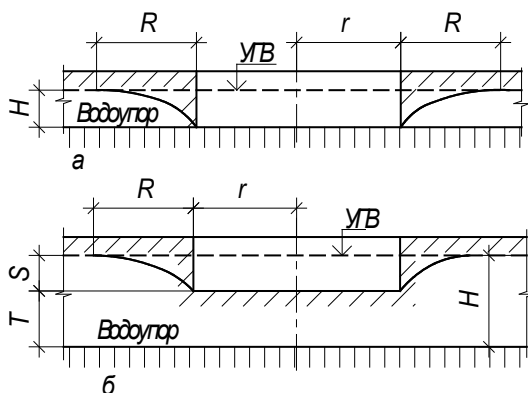


Рис. 7.3. Схемы притока воды в котлован:  
а – совершенный; б – несовершенный

Приток воды в несовершенный котлован круглой формы

$$Q = q_{\text{бн}} + q_{\text{н}},$$

где  $q_{\text{бн}}$  – приток воды выше линии раздела безнапорной и напорной зон через стенки котлована;

$q_{\text{н}}$  – приток воды ниже линии раздела безнапорной и напорной зон через дно.

Приток  $q_{\text{бн}}$  определяется как и для совершенных котлованов. Значение  $q_{\text{н}}$  определяется по формуле В. Д. Бабушкина.

Необходимое число насосных установок определяют по формуле

$$N_{\text{н}} = \frac{\sum Q}{P_{\text{у}}} n,$$

где  $\sum Q$  – суммарный расчетный приток воды к котловану, м<sup>3</sup>/ч;

$P_{\text{у}}$  – производительность насосной установки, м<sup>3</sup>/ч;

$n = 1,5$  – коэффициент резерва мощности насосных установок.

Насосный агрегат размещают на берме котлована или на перемычке, а если глубина котлована превышает высоту всасывания – на промежуточной берме.

#### ***Грунтовое водопонижение.***

Под грунтовым водопонижением понимают местное искусственное понижение УГВ откачкой воды из систем водопонижительных скважин и глубоких колодцев. Шахтные колодцы из-за трудоемкости и длительного срока устройства практически не применяются – используются исключительно трубчатые. При откачке воды вокруг скважин или колодцев образуется депрессионная воронка, радиус которой и глубина понижения уровня воды вблизи этих выработок зависят от проницаемости грунта, мощности водоносного слоя и интенсивности откачки. Каждая водопонижительная скважина осушает сравнительно небольшой объем грунта. Для осушения большого массива вокруг котлована создают систему водопонижительных скважин и колодцев, образующую сплошной контур водопонижения.

В зависимости от размеров котлована, глубины расположения водоупора, фильтрационных свойств грунтов, наличия оборудования задачи понижения УГВ решаются двумя вариантами: меньшим количеством глубоких колодцев или большим количеством колодцев меньшей глубины. Совершенствование водопонижительных установок идет по этим двум направлениям. По первому варианту осушение осуществляется малым количеством глубоких скважин, размещенных,

например, по углам котлована, или даже одиночной скважиной при его малых размерах. По второму – используется большое количество относительно неглубоких скважин (рис. 7.4).

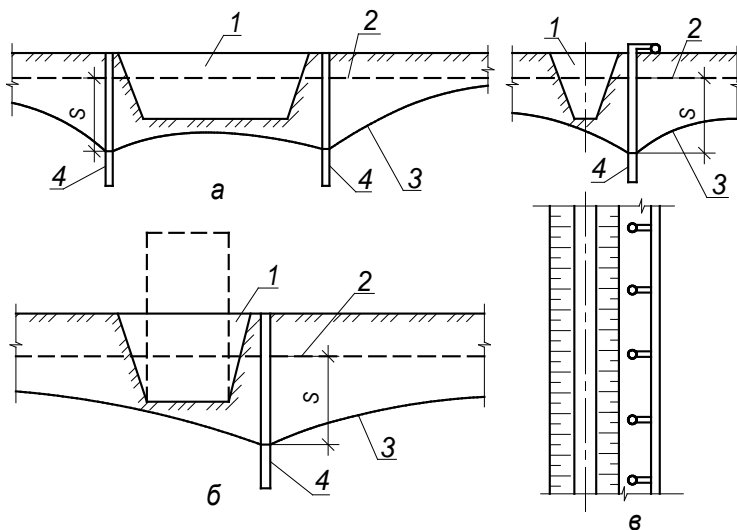


Рис. 7.4. Схемы осушения котлованов понижением уровня грунтовых вод:  
*a* – системой скважин; *б* – одиночной скважиной; *в* – линейной системой скважин;  
 1 – котлован; 2 – уровень грунтовых вод до водопонижения;  
 3 – сниженные уровни грунтовых вод; 4 – скважины

Кроме осушения и защиты котлована от притока воды грунтовой водоотлив предохраняет откосы и основание котлована от суффозионных деформаций и разрушения напорными водами. При грунтовой водоотливе УГВ понижают ниже самой глубокой точки котлована. При этом движение воды происходит по направлению от котлована к скважине, что исключает возможность образования восходящих токов воды, которые могли бы разрыхлитель или даже разрушить основание. Как отмечено выше, грунтовое водопонижение производят в основном установками с легкими или эжекторными иглофильтрами и трубчатыми фильтровыми колодцами с погружными насосами.

Установки с легкими иглофильтрами применяют при понижении УГВ до 5 м. Они представляют собой систему фильтровых колодцев малого диаметра, расположенных по периметру котлована, и состоят из иглофильтров, погруженных в грунт на глубину до 7...8 м, всасывающего водосборного коллектора, насосного агрегата и отводящего

гибкого трубопровода (рис. 7.5). Комплект существующих легких иглофильтровых установок включает звенья труб коллектора общей длиной 90...100 м и 100 иглофильтров.

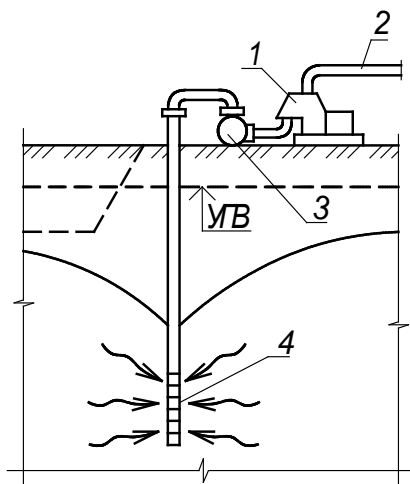
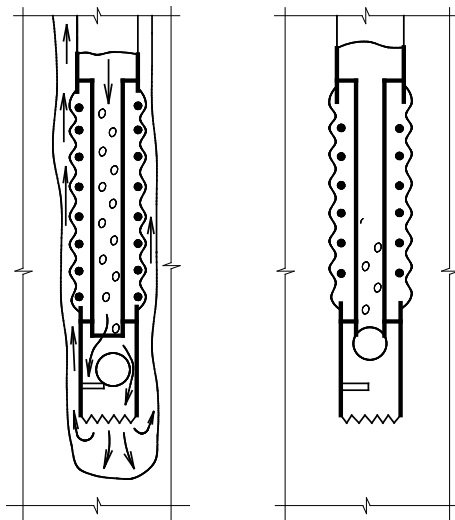


Рис. 7.5. Схема оборудования для понижения уровня грунтовых вод:  
 1 – насосный агрегат; 2 – напорный отводящий трубопровод;  
 3 – водосборный коллектор от скважин; 4 – скважина

Иглофильтр состоит из фильтрового звена, через которое из грунта поступает вода, надфильтровой колонны труб и наконечника с зубчатой коронкой. Надфильтровая колонна труб собирается свинчиванием на герметике из отдельных звеньев. Фильтровое звено (рис. 7.6) длиной 1 м представляет собой перфорированную стальную трубу диаметром 50 мм. К обоим концам трубы приварены муфты. На верхнюю муфту навинчивается надфильтровое звено, а на нижнюю – наконечник с фрезой и плавающим клапаном. Внутри перфорированной трубы вставлена стальная труба меньшего диаметра. Верхний конец этой трубы развальцован к наружной трубе и муфте. Такая конструкция фильтровой части позволяет не прекращать работу из-за срыва вакуума при снижении горизонта вод ниже верхней границы фильтрового звена. Поверхность наружной трубы обернута просмоленным шпагатом или проволокой с шагом витков 8...10 мм и слоями фильтрующей и защитной сетки.

При откачке агрессивных вод и осушении тонкозернистых грунтов можно применять иглофильтры, у которых фильтрующая сетка заме-

нена песчано-гравийными клеевыми фильтрами и блоками из пористой керамики.



10...12 л/с. В первом случае требуемые параметры способен создать штатный насосный агрегат иглофильтровой установки, во втором – требуется специальный насос.

При подаче воды в иглофильтр клапан отжимается вниз, вода выходит из наконечника фильтра с большой скоростью и размывает грунт, образуя скважину диаметром 100...200 мм, в которую под действием собственной силы тяжести погружается иглофильтр. При гидропогружении в крупнообломочных грунтах и гравелистых песках необходимо подавать в забой смесь воды со сжатым воздухом (песчано-гравийная обсыпка при этом не требуется). При погружении игла в этом случае «расхаживается» для образования воронки. Если грунт с прослойками глины, обычное погружение затруднено. Рекомендуется сначала погружать надфильтровую трубу (без фильтра), затем она извлекается, устанавливается фильтр и повторно погружается на требуемую глубину.

Вокруг иглофильтров, погруженных в мелкозернистые пески и грунты, содержащие значительные примеси глинистых частиц, а также глинистые или илистые прослойки, устраивается песчано-гравийная обсыпка после погружения иглофильтров до проектной глубины. Для этого скважину в течение нескольких минут (1...2 мин) промывают, не заглубляя иглофильтра, а затем резко сокращают подачу воды и в затрубное пространство при малой подаче воды засыпают песчано-гравийную смесь до УГВ. Верхнюю часть скважины заделывают глиняным тампоном. При этом расчетный диаметр фильтровой обсыпки для определения водозахватывающей способности принимается равным 15...20 см.

Иглофильтры при помощи гибких шлангов или труб присоединяются к всасывающему коллектору, который собирается из звеньев стальных труб диаметром 150...200 мм со штуцерами (через 0,60...0,75 м) и укладывается как можно ближе к УГВ. Иглофильтры могут быть присоединены либо ко всем штуцерам, либо к части из них, а свободные в этом случае закрывают заглушками. Извлечение иглофильтров при демонтаже установки осуществляется краном или самоходной буровой установкой.

Откачка воды из системы с легкими иглофильтрами производится насосным агрегатом, состоящим из центробежного насоса, соединенного с вакуум-насосом. В установках малой производительности используется только один вихревой самовсасывающий насос.

При больших размерах контура водопонижения (периметра котлована) водосборный коллектор разбивается на отдельные секции, имею-

щие самостоятельные насосные агрегаты. Обычно в современных установках применяются центробежные насосы с максимальной высотой всасывания до 8...9 м. Но так как ось насоса находится выше поверхности земли (уровня размещения агрегата) примерно на 0,7 м, потери напора на преодоление сопротивлений во всасывающих коммуникациях и фильтрах составляют около 0,8 м, а разница в отметках пониженного горизонта у наружной части фильтра и в центре котлована равна 0,5...2,5 м, максимальное снижение УГВ в центре котлована (при расположении иглофильтров в один ярус) составляет не более 4...5 м. При осушении котлованов на большую глубину иглофильтровые установки располагают несколькими ярусами. Однако многоярусные установки загромождают котлованы и создают дополнительные неудобства.

Легкие иглофильтровые установки применяются при строительстве ГТС на нескальных основаниях из песчано-гравелистых и супесчаных грунтов, имеющих коэффициент фильтрации от 1 до 100 м/сут. Объясняется это простотой монтажа и эксплуатации иглофильтров. Наибольший эффект достигается в песчаных грунтах с  $K_{\phi} = 4...40$  м/сут.

Установки с эжекторными иглофильтрами откачивают воду из скважин с помощью водоструйных насосов-эжекторов (рис. 7.7).

Принцип действия насосов-эжекторов основан на непосредственной передаче энергии одним потоком другому без применения каких-либо механизмов.

Эжекторная установка приводится в действие рабочей водой, поступающей под давлением 0,7...0,8 МПа в кольцевое пространство между внутренней и наружной колоннами труб иглофильтра и далее к выходному окну эжектора, состоящему из насадки, камеры смешения, горловины и диффузора. Рабочая вода (рис. 7.8), выходя из насадки с большой скоростью, создает разрежение, подсасывает из внутренней трубы грунтовую воду и, смешиваясь с ней, изливается через сливную трубу в водоотводящий самотечный лоток и далее в циркуляционный резервуар. Из него часть воды снова забирается насосом, а остальная сбрасывается за пределы стройплощадки. Эжекторная установка без циркуляционного резервуара отличается от рассмотренной тем, что подает откачиваемую воду в трубопровод, который перекачивает ее за пределы котлована.

Эжекторные установки понижают УГВ на глубину 8...20 м, однако имеют низкий КПД.

**Трубчатые фильтровые колодцы** с погружными насосами применяют для длительной защиты глубоких котлованов от притока грун-

товых вод. Колодец оборудуется колонной стальных труб диаметром 200...450 мм с фильтровым звеном в нижней части длиной до 15...30 м. При отборе воды из нескольких водоносных горизонтов, разобщенных малопроницаемым грунтом, колодец оборудуют для каждого водоносного горизонта фильтровым звеном.

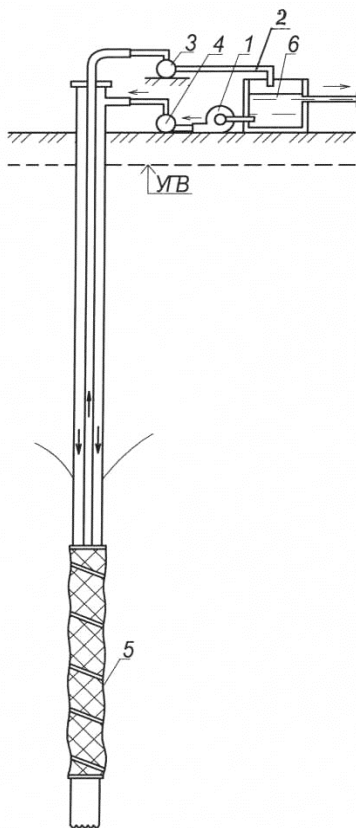


Рис. 7.7. Схема эжекторной иглофильтровой установки:

- 1 – насос центробежный высоконапорный;
- 2 – труба для отвода воды;
- 3 – напорный коллектор для рабочей воды;
- 4 – водосборный коллектор из скважин;
- 5 – фильтр; 6 – бак для рабочей и откачиваемой воды

В связи с тем что откачка воды из скважины осуществляется погружным насосом, глубина понижения уровня грунтовых вод для условий водохозяйственного строительства практически неограниченна.

Осушение котлованов водопонижением имеет свой предел применения, определяемый многими факторами, главнейшие из которых – коэффициент фильтрации грунта и мощность водоносного слоя.

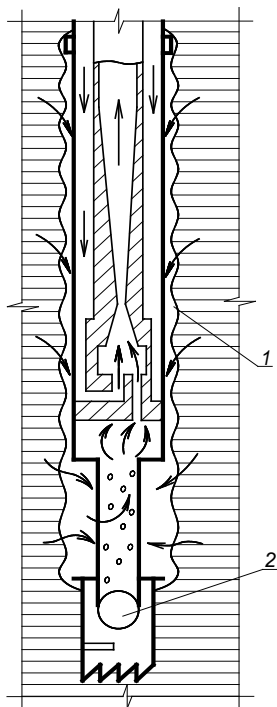


Рис. 7.8. Схема движения воды в иглофильтре с эжектором:  
1 – фильтр; 2 – шаровой клапан

При  $K_f$  менее 1...2 м/сут происходит кольматация фильтров, расход откачки резко снижается. В то же время такие маловодопроницаемые грунты, как пылеватые глины и пески, супеси, доставляют много затруднений при устройстве котлованов ниже УГВ из-за склонности к разжижению и текучести.

В таких случаях переходят на вакуумное и электроосмотическое водопонижение.

**Установки вакуумного водопонижения.** При работе иглофильтровой установки вакуумного водопонижения из зоны гравийной обсыпки вокруг фильтрового звена и прилегающего грунта отсасывается воздух. Давление в этой зоне становится ниже атмосферного, в результате чего создается дополнительный градиент давления и приток к иглофильтру усиливается. Этому способствует также освобождение пор грунта от заземленного воздуха. Эффект вакуумного водопонижения увеличивается при регулируемом впуске воздуха в зоне расположения иглофильтров, для чего в состав иглофильтра включены воздушная трубка и дроссель в ее верхней части.

Известны установки этого типа УВВ-1, УВВ-2, УВВ-3 и УВВ-4.

В установке УВВ-1 откачка и воды, и воздуха осуществляется водокольцевым вакуум-насосом. В установках УВВ-2 и УВВ-3 (рис. 7.9) функции откачки воды и воздуха разделены: вода откачивается водоводяным, а воздух – водовоздушным эжекторами. Их недостаток – низкий КПД. Наиболее совершенной является установка УВВ-4 (рис. 7.10), в которой откачка воды осуществляется водоводяным эжектором, питаемым центробежным насосом, а откачка воздуха – водокольцевым вакуум-насосом ВВН 1-3. Преимуществом установки является более высокий КПД, чем у УВВ-2 и УВВ-3, высокая эффективность и надежность по сравнению с УВВ-1. Установку УВВ-4 наиболее рационально применять в тонкозернистых песках, супесях, легких суглинках с коэффициентом фильтрации  $0,02 \dots 0,50$  м/сут, а в отдельных случаях –  $2 \dots 3$  м/сут.

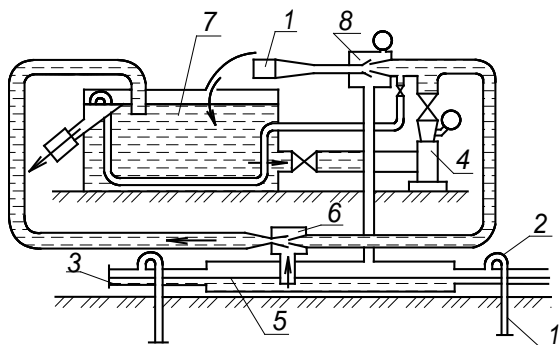


Рис. 7.9. Схема установки вакуумного водопонижения УВВ-2:

- 1 – иглофильтр; 2 – соединительный рукав; 3 – всасывающий коллектор;
- 4 – центробежный насос; 5 – труба приемного блока; 6 – водоводяной эжектор;
- 7 – циркуляционный бак; 8 – водовоздушный эжектор

Осушение глинистых грунтов и илов, имеющих коэффициент фильтрации менее 0,02 м/сут, производится методом электроосмоса. Суть метода состоит в том, что при погружении электродов в обводненной глинистый грунт и пропуске через них постоянного тока напряжением 30...60 В и силой около 1 А/м<sup>2</sup> цепь замыкается, так как положительно заряженные молекулы воды будут перемещаться к катоду. В качестве катода используются иглофильтры, погруженные вдоль контура осушения, анода – металлические стержни, погруженные в грунт на расстоянии 0,6...2,0 м от линии иглофильтров. Расстояние между иглофильтрами применяют до 1 м. Электроды погружают в грунт на глубину, равную необходимой глубине понижения УГВ.

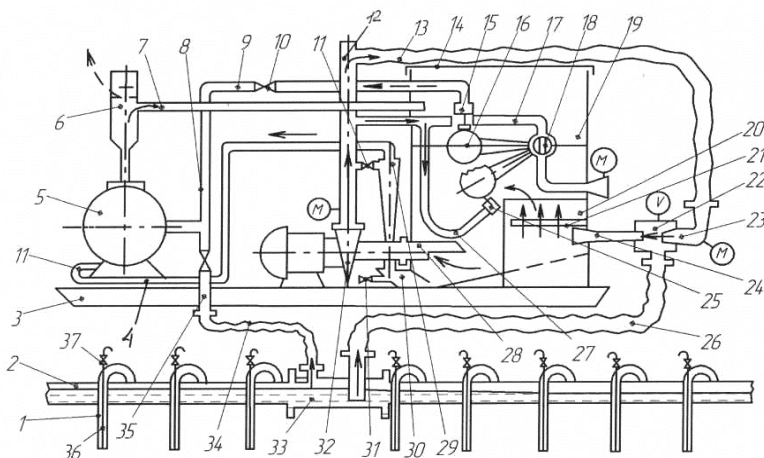


Рис. 7.10. Схема установки вакуумного водопонижения УВВ-4:

- 1 – иглофильтр с воздушной трубкой; 2 – коллектор; 3 – рама; 4 – трубка для подвода воды; 5 – насос; 6 – водоотделитель; 7 – труба водоотводящая; 8, 10, 11 – краны; 9 – линия воздушная; 12 – распределитель; 13 – рукав напорный; 14 – крышка; 15 – клапан воздушный; 16 – поплавок; 17 – сбросная линия; 18 – клапан регулирующий; 19 – бак циркуляционный; 20 – водослив; 21 – отражатель потока; 22 – камера приемная эжектора; 23 – сопло; 24 – камера смешения с диффузором; 25 – клапан водяной; 26 – рукав соединительный; 27 – линия перепускная; 28 – всасывающий патрубок; 29 – гидроциклон; 30 – шламонакопитель; 31 – кран сливной; 32 – насос центробежный; 33 – приемный блок коллектора; 34 – соединительный шланг; 35 – приемная линия вакуумного насоса; 36 – воздушная трубка; 37 – дроссель

По опытным данным расход электроэнергии составляет примерно 2...10 кВт · ч/м<sup>3</sup>, что ограничивает применение данного способа исключительно случаями для осушения малых котлованов.

Подбор оборудования для водопонижения выполняется исходя из величины притока воды к системе взаимодействующих скважин. Определение ожидаемого притока сопряжено с выполнением трудоемких гидрогеологических расчетов.

На стадии предварительных расчетов целесообразно использовать упрощенные методики.

1. Определяется приток воды в котлован с контурной водопонижительной установкой (при площади котлована до 1600 м<sup>2</sup>):

$$Q = \alpha K_{\phi} S,$$

где  $\alpha$  – коэффициент, зависящий от площади котлована  $F$ ; определяется по графику (рис. 7.11, а);

$S$  – необходимое понижение уровня воды в котловане, м.

По графику (рис. 7.11, б) в зависимости от  $K_{\phi}$  и диаметра фильтра определяется захватная способность (удельная производительность) одного иглофильтра  $q$ .

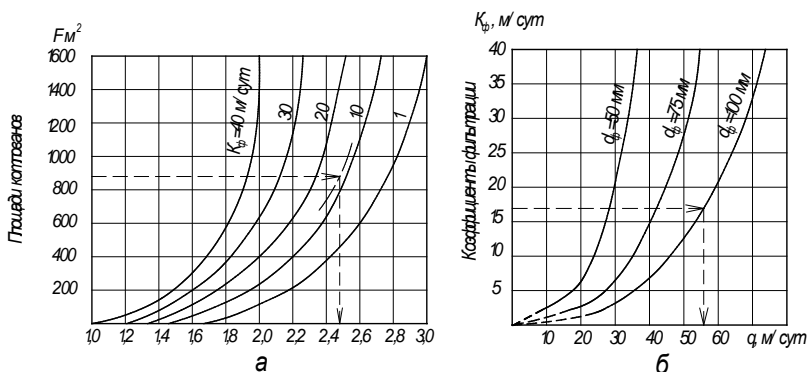


Рис. 7.11. Графики для приближенного расчета водопонижения:  
 а – для определения коэффициента  $\alpha$ ; б – предельная производительность скважин диаметром  $d_{\phi}$

Определяется необходимое число иглофильтров:

$$n = \frac{Q}{q}.$$

2. Определяется ожидаемый приток воды в условный котлован, площадь которого ограничена скважинами (аналогично расчету притока при открытом водоотливе).

Назначается расстояние между скважинами  $l_c$ : для легких игло-фильтровых установок 0,75...3,0 м (при необходимой глубине понижения УГВ соответственно 4...3 м).

Исходя из периметра котлована по линии скважин, определяется количество иглофильтров:

$$n = \frac{P}{l_c}.$$

Определяется расход откачки, приходящийся на один иглофильтр (скважину):

$$Q_1 = \frac{Q}{n}.$$

Определяется водозахватная способность одной скважины

$$q = \pi d l_\phi v_{cp},$$

где  $d$  – диаметр фильтровой обсыпки или фильтровой колонны, м;

$l_\phi$  – длина фильтрового звена (для ЛИУ  $l_\phi = 1$  м);

$v_{cp}$  – допустимая скорость фильтрации на входе в фильтр; определяется по формуле С. К. Абрамова:

$$v_{cp} = 65 \sqrt[3]{K_\phi}.$$

Сравнивается расчетный расход откачки и водозахватная способность (необходимо, чтобы соблюдалось условие  $Q_1 \leq q$ ). Если неравенство не выполняется – увеличивают число скважин, изменяют длину и диаметр фильтра или используют песчано-гравийную обсыпку фильтров.

## **8. КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ МЕЛИОРАТИВНОГО И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

### **8.1. Цели и задачи организации водохозяйственного строительства**

Организация водохозяйственного строительства предназначена для достижения следующих целей:

1. Обеспечение рационального сочетания всех элементов труда при строительстве объектов основного производственного назначения.

2. Обеспечение своевременного строительства и сдачи объектов в эксплуатацию с минимально возможными затратами материально-технических ресурсов.

3. Определение порядка, последовательности и сроков выполнения запланированных работ на объектах с соблюдением принятых технологий их строительства.

4. Изучение теоретических основ и научных методов организации и планирования в строительстве.

5. Разработка научных методов организации и планирования строительного производства, обеспечивающих достижение оптимальных экономических результатов.

Основными комплексными задачами дисциплины являются:

- определение общей потребности строительства в материальных, технических, трудовых и энергетических ресурсах;

- разработка способов наиболее рационального и полного использования всех необходимых для строительства ресурсов;

- разработка наиболее рациональных способов и методов организации и планирования строительных процессов;

- разработка и составление календарных планов строительства и производства работ в соответствии с общими целями и реальными возможностями;

- корректировка календарных планов строительства и производства работ с учетом конкретных производственных условий объектов строительства;

- комплекс задач материально-технического обеспечения строительства;

- комплекс задач по организации работы строительного транспорта;

- комплекс задач по организации производственной эксплуатации машин и механизмов на объектах строительства;

- комплекс задач по организации культурно-бытового обслуживания рабочих на объектах строительства;

- комплекс задач по организации инвестиционных процессов в строительстве;

- комплекс задач по организации проектно-исследовательских работ для строительного производства.

## **8.2. Строительное производство и его структурные элементы**

Комплекс трудовых действий, направленных на строительство новых либо реконструкцию (ремонт) старых сооружений или объектов

различного назначения, называется **строительным производством**. В зависимости от назначения возводимых объектов и сооружений различают несколько видов строительного производства. Например: водохозяйственное; промышленное и гражданское; дорожное; энергетическое; сельскохозяйственное; сельское; коммунальное и т. д.

Каждый вид строительного производства характеризуется технологическими и организационными особенностями, которые необходимо учитывать при его организации и планировании. К числу основных организационных особенностей сельского (водохозяйственного) строительного производства относятся:

- характер выпускаемой продукции;
- длительный срок строительства объектов;
- необходимость производственной специализации;
- рассредоточенность и малая степень концентрации объектов строительства;
- обязательный учет природно-климатических и эксплуатационных условий;
- удаленность объектов строительства от постоянно действующих объектов материально-технической базы;
- отсутствие на объектах строительства подъездных путей и дорог;
- сезонная зависимость в выполнении отдельных видов работ на объектах;
- необходимость строительства объектов, которые по своему назначению относятся к различным видам строительного производства.

Строительное производство, осуществляемое в границах одного конкретного объекта, называется **строительным процессом**.

Любой строительный процесс состоит из отдельных структурных элементов различных уровней.

1. **Рабочее движение** – однократное, непрерывное движение, осуществляемое работающим любым органом его тела в процессе труда в пределах рабочего места (зоны).

2. **Рабочий (трудовой) прием** – это законченная совокупность нескольких организационно-связанных рабочих движений, выполняемых в строгой технологической последовательности и с определенной целью.

3. **Рабочая операция** – это совокупность нескольких технологически связанных рабочих приемов, выполняемых в строгой последовательности, в результате выполнения которых получается **первичная продукция**, характеризующаяся постоянством предмета и орудия труда. Рабочая операция является основным технологическим структурным элементом строительного процесса.

4. **Работа** – это рабочая операция, выполняемая одним исполнителем на одном конкретном рабочем месте объекта. Характеризуется объемом и условиями его выполнения. Работа является организационно неделимым и технологически однородным структурным элементом строительного процесса.

5. **Рабочий процесс** – совокупность нескольких технологически и организационно связанных между собой работ на объекте, в результате выполнения которых получается **законченная продукция** в виде отдельных сооружений объекта или его конструктивных элементов.

6. **Строительный процесс** – совокупность нескольких организационно связанных рабочих процессов, выполняемых на объекте и в результате которых получается **конечная продукция** в виде готового объекта.

### 8.3. Классификация структурных элементов строительного процесса

Основным структурным элементом строительного процесса является работа. Работы классифицируются по нескольким признакам.

1. По характеру воздействия на предмет труда в строительстве различают следующие виды работ.

**Строительные работы** – к ним относятся те работы, при выполнении которых используемые предметы труда могут изменять свою форму, свойства, состояние.

**Монтажные работы** – к ним относятся те работы, при выполнении которых используемые предметы труда не изменяют форму, свойства, состояние.

**Строительно-монтажные работы** – к ним относятся работы, при выполнении которых используется несколько предметов труда и при этом одни из них могут изменять свою форму, свойства и состояние, а другие нет.

2. По способу выполнения в строительстве различают следующие виды работ.

**Ручные работы** – к ним относятся работы, при выполнении которых используются ручные орудия труда (лом, лопата, молоток, топор и т. д.).

**Полумеханизированные работы** – к ним относятся работы, при выполнении которых используются механизированные ручные орудия труда (бензопила, перфоратор, вибратор, мотокос и т. д.).

**Механизированные работы** – к ним относятся работы, при выполнении которых в качестве орудий труда используются специальные машины (краны, бульдозеры, экскаваторы, скреперы, бетономесители и т. д.).

3. По назначению в составе рабочих процессов в строительстве различают следующие виды работ.

**Основные работы** – к ним относятся работы, которые непосредственно формируют законченную продукцию рабочего процесса и имеют максимальную трудоемкость и стоимость.

**Вспомогательные работы** – к ним относятся те работы, которые выполняются на объекте с целью создания необходимых условий для выполнения основных работ рассматриваемого рабочего процесса.

**Отделочные работы** – к ним относятся работы, которые выполняются на объекте с целью придания законченной продукции рабочего процесса необходимых качественных характеристик.

**Транспортные работы** – к ним относятся работы, которые выполняются с целью доставки на объект строительства необходимых предметов и орудий труда.

Отношение стоимости механизированных работ на объекте к общей стоимости всех работ называется уровнем механизации строительства (УМС).

#### **8.4. Организация водохозяйственного строительства, ее виды и их характеристика**

В зависимости от того, на уровне каких структурных элементов строительного производства необходимо решать вопросы организации, различают следующие ее виды.

**Организация строительства** предназначена для решения вопросов и задач на уровне рабочих и строительных процессов. Основными задачами этого вида организации являются:

- определение общей потребности строительства в основных видах материально-технических ресурсов;
- определение нормативной продолжительности строительства объекта и календарных сроков его начала и окончания;
- составление организационно-технологической модели строительства объекта. Номенклатура пусковых комплексов, спецпотоков и тех-этапов;
- разработка и составление календарного плана строительства объекта (КПС);

- создание и развитие базы материально-технического обеспечения строительства;
- организация работы строительного транспорта;
- организация культурно-бытового обслуживания рабочих на объекте строительства;
- организация природоохранных мероприятий на объекте;
- контроль качества строительства объекта. Подготовка и сдача объекта строительства в эксплуатацию.

**Организация работ** предназначена для решения вопросов и задач на уровне рабочих операций и работ. Основными задачами этого вида организации являются:

- обеспечение запланированных работ на объекте необходимой технической и технологической документацией;
- обеспечение технического руководства ходом выполнения работ на объекте;
- определение необходимого количества исполнителей для выполнения работ в установленные сроки;
- составление организационной схемы работы на объекте всех принятых исполнителей;
- составление карточки-определителя работ для объекта;
- разработка модели организации работ на объекте и расчет ее временных параметров;
- выбор и обоснование методов организации работ на объекте с учетом его производственных условий;
- разработка и построение календарного плана (графика) производства работ на объекте (КППР);
- построение графиков поставок ресурсов на объект строительства, отвечающих требованиям календарного плана производства работ по объемам и срокам;
- организация учета работы машин на объекте строительства и оценка эффективности их использования;
- обеспечение безопасности ведения работ на объекте, выполнение требований проекта и нормативов;
- контроль качества работ и их своевременная приемка.

**Организация труда** предназначена для решения вопросов и задач на уровне рабочих приемов и работ. Основными задачами этого вида организации являются:

- формирование производственных подразделений и выбор форм организации труда на объекте строительства;
- организация, оснащение и обслуживание рабочих мест. Аттестация существующих рабочих мест;

- тарификация работ и рабочих на объекте строительства. Обучение работников, повышение их квалификации;
- оформление и выдача производственных заданий (нарядов) и приемка выполненных работ;
- стимулирование и поощрение работников за производительный и качественный труд;
- охрана труда работников на каждом рабочем месте.

### **8.5. Планирование строительного производства, его виды и их характеристика**

Планирование является неотъемлемой частью организации строительного производства. Под планированием следует понимать комплекс задач организации строительного производства, по результатам решения которых определяют порядок, последовательность и сроки выполнения на объекте строительства различных структурных элементов строительного процесса. При решении этих задач необходимо обязательно учитывать организационные особенности рассматриваемого вида строительного производства и реальные возможности производителя работ. Планирование необходимо организовывать в три этапа:

1. Формулировка задачи и установление конечной цели строительства.
2. Определение необходимых ресурсов и средств для достижения поставленной цели.
3. Разработка конкретного плана действий для достижения поставленной цели.

Конечной продукцией планирования является план.

**План** – прогноз (модель) развития различных структурных элементов строительного процесса во времени и пространстве с выявлением и обоснованием необходимых для этого ресурсов.

В зависимости от того, на каком этапе осуществляется планирование, в строительстве различают два вида планирования:

– **технико-экономическое** – осуществляется на первом этапе. Его основная цель – обоснование хозяйственной необходимости и экономической целесообразности строительства конкретного объекта;

– **производственное** – осуществляется на втором и третьем этапах. Основная его цель – разработка конкретных мероприятий, позволяющих осуществить строительство данного объекта.

Если мероприятия производственного планирования привязаны к конкретным календарным датам заданного срока строительства, то такое планирование называется календарным. Результатом календарного планирования является календарный план.

В зависимости от того, для каких структурных элементов строительного производства осуществляется календарное планирование, необходимо различать два вида календарных планов:

– **календарные планы строительства** – разрабатываются на уровне рабочих процессов и являются одной из задач организации строительства;

– **календарные планы (графики) производства работ** – разрабатываются на уровне рабочих операций (работ) и являются одной из основных задач организации работ.

## **8.6. Принципы организации и планирования водохозяйственного строительства**

Под принципами организации и планирования строительного производства понимают научно обоснованные теоретические положения, которые необходимо соблюдать как при проектировании организации и планировании строительства, так и при производстве работ. К основным принципам организации и планирования относят следующие:

– **принцип всеобщей экономии общественного труда.** Согласно этому принципу все принимаемые решения в области организации и планирования строительного производства должны предусматривать мероприятия по экономии живого, настоящего и будущего общественного труда;

– **принцип планомерности роста производительности труда.** Согласно этому принципу при решении задач в области организации и планирования необходимо предусматривать постоянный ежегодный рост производительности труда в строительстве;

– **принцип научно обоснованного подбора и расстановки кадров.** Согласно этому принципу на каждом объекте строительства, до его начала, необходимо осуществлять предварительную тарификацию работ и рабочих;

– **принцип динамического дополнения.** Согласно этому принципу уровень решаемых организационных задач должен соответствовать современному уровню развития науки, техники и технологии;

– **принцип пропорциональности.** Согласно этому принципу количество исполнителей работ на объекте должно быть прямо пропорционально нормативной трудоемкости этих работ;

– **принцип комплексной механизации рабочих процессов.** Согласно этому принципу все работы, входящие в состав рассматриваемого рабочего процесса, должны быть комплексно механизированы, т. е. выполняться с помощью специально подобранных комплектов машин;

– принцип комплексного учета технологических и организационных особенностей рассматриваемого вида строительного производства.

## 9. ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ МЕЛИОРАТИВНОГО И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

### 9.1. Понятие об организационно-технологическом моделировании

Выбор технологии СМР, подбор рабочих бригад, расстановка монтажных механизмов, доставка и размещение конструкций на стройплощадку с возведением каждого нового сооружения повторяются. Это значит, что можно создать определенную систему, отражающую последовательность выполнения этих задач независимо от вида строительства. Как проектирование ведется от проработки технологии производства и генплана к разработке узлов и деталей, так и в строительстве сначала решаются общие вопросы организации возведения комплекса или объекта, а затем намечаются методы и средства выполнения отдельных видов работ. Так образуется система организационно-технологического моделирования строительного производства. Если архитектурно-конструктивная часть проекта показывает *что* строить, то организационно-технологическая модель – *как* строить, т. е. определяет организацию и технологический порядок выполнения всего комплекса подготовительных и строительно-монтажных работ. Существуют два вида таких моделей – проект организации строительства и проект производства работ.

На стадии проектных работ на вопрос «Как строить?» отвечает проект организации строительства, а на стадии строительства – проект производства работ.

**Проект организации строительства** (ПОС) определяет *строительную стратегию*, основные способы возведения проектируемого комплекса и условия, при которых затраты ресурсов будут минимальными. Он служит основой для планирования объемов СМР по годам, установления оптимальной продолжительности всего строительства и очередности возведения отдельных объектов, а также для определения потребности стройки в трудовых и материальных ресурсах.

**Проект производства работ** (ППР) на каком-либо объекте выполняет подрядчик по рабочим чертежам и определяет в нем *строи-*

*тельную тактику* на объекте, т. е. наиболее эффективные и безопасные способы выполнения отдельных видов работ с наименьшими затратами труда и энергоресурсов и наилучшим использованием строительных машин. Проектом производства работ определяется технология выполнения различных видов работ и возведения объекта в целом. Он составляется на основе архитектурно-строительной части проекта, материалов ПОС и нормативных документов.

Разрабатывая ПОС, проектная организация учитывает в основном необходимость оптимальных затрат при возведении объекта, а условия деятельности строительных организаций принимаются в общем виде. Получив чертежи и проверив их на соответствие требованиям действующих норм, полноту разработки и комплектность, исполнитель – генподрядная и специализированные субподрядные организации – составляет ППР на выполняемый им комплекс работ по объекту. При этом учитываются все особенности технологии и организации производства, сложившиеся в тресте. Генподрядный трест определяет и выдает субподрядным организациям условия на разработку проектов производства специальных работ. Субподрядчики представляют разделы ППР по своим работам на согласование генподрядному тресту или СУ (если оно является разработчиком ППР). Субподрядным организациям, не представившим локальный ППР, не выдается разрешение на производство работ. В зависимости от сложности объекта ППР рассматривается техническим советом СУ или треста и утверждается главным инженером треста. До начала работ утвержденный ППР передается на объект: с ним должны быть ознакомлены прорабы, мастера и бригадиры. Он становится обязательным документом для всех участников строительства. Выполнение работ без утвержденного ППР запрещено.

Таким образом, строительные организации, получив от заказчика строительный проект, в развитие его организационно-технологической части (ПОС) разрабатывают ППР. В нем детализируются технология и способы эффективного и безопасного выполнения строительных работ. На отдельные виды работ (монтажные, каменные, штукатурные и др.) составляются технологические карты.

## **9.2. Цель, задачи, исходные данные для проектирования организации строительства**

Проект организации строительства является составной частью проекта и разрабатывается генеральной проектной организацией или по ее заказу проектно-технологической организацией. При отсутствии ПОС финансирование стройки запрещается.

*Цель организации строительства объектов* – разработка проекта организации строительства, обеспечивающая своевременное и качественное строительство объекта.

*Задачи:*

- определение нормативной продолжительности строительства данного объекта и календарных сроков начала и окончания работ на объекте;

- разработка структуры организационно-технологической модели строительства объекта (ОТМ);

- составление календарного плана строительства объекта, соответствующего структуре ОТМ;

- определение общей потребности строительства объекта во всех видах ресурсов;

- распределение общей потребности в ресурсах по календарным периодам нормативной продолжительности строительства: по месяцам, кварталам, полугодиям и годам.

Для экспериментальных и сложных объектов дополнительно решаются следующие задачи:

- классификация грузов, доставляемых на объект строительства, и выбор необходимых видов транспорта;

- определение расчетных значений грузооборота для данного объекта и грузопотоков;

- выбор оптимальных маршрутов доставки каждого вида груза на объект строительства;

- определение необходимого количества транспортных средств для доставки всех грузов на объект в установленный срок;

- разработка системы учета работы машин в условиях объекта;

- расчет прогнозных показателей эффективности используемых машин в условиях данного объекта.

Для решения этих задач необходимы следующие исходные данные:

- полный комплект проектно-сметной документации на строительство данного объекта;

- сведения об условиях поставок на объект строительства необходимых предметов труда (это значит, что необходимо знать, какой предмет труда у какого поставщика следует брать, в каком количестве, в какие сроки, за какие деньги);

- общие сведения о подрядной строительной организации, к ним относят:

- а) мощность подрядной организации;

- б) номенклатура видов работ, выполнения которых организация имеет возможности;

- в) наличие состава парка машин, находящихся на балансе строительной организации;
- г) наличие и мощность объектов материально-технической базы строительной организации;
  - сведения о существующих инженерных и транспортных коммуникациях и их ведомственная принадлежность.

### **9.3. Состав проекта организации строительства**

Проект организации строительства включает: календарный план строительства; строительный генеральный план; организационно-технологические схемы строительства объекта с указанием технологической последовательности возведения здания и методов выполнения работ; расчет потребности в кадрах строителей по основным категориям и периодам строительства (на основе нормативной трудоемкости строительства объекта и стоимости СМР с учетом нормы выработки на одного работающего); пояснительную записку.

При разработке ПОС необходимо обеспечивать: первоочередное и обязательное выполнение работ подготовительного периода; применение прогрессивных форм и методов организации, планирования и управления строительством (например, узловое, комплектно-блочное и др.); поставку и монтаж технологического оборудования укрупненными блоками; снижение объема строительства временных зданий и сооружений за счет использования для нужд строительства строений, подлежащих в дальнейшем сносу, а также инвентарных зданий; первоочередное строительство в составе комплекса зданий и сооружений, которые могут быть использованы строителями; выполнение мероприятий по охране окружающей среды и рекультивации земель.

***Исходные материалы для разработки ПОС (используемая информация – решаемые задачи):***

- материалы инженерных изысканий (местоположение строительной площадки – места въезда и выезда, а также возможность проезда строительных машин и автотранспорта к территории площадки; типы грунтов – методы разработки и крутизна откосов; наличие грунтовых вод – метод водопонижения);
- генплан застройки с горизонталями, дорогами и действующими инженерными коммуникациями;
- объемно-планировочные и конструктивные решения (разделение объекта на очереди или пусковые комплексы – методы производства СМР, а также оптимальная последовательность возведения сооружений);

– сметная документация с перечислением всех строительных работ и необходимых для этого финансовых, материальных и трудовых ресурсов;

– источники и условия снабжения объекта строительными конструкциями, изделиями, материалами, оборудованием (если определен генподрядчик);

– технические условия для временного обеспечения стройки электроэнергией и водой;

– технические нормативные правовые акты, устанавливающие директивные сроки строительства;

– данные генподрядчика (если он известен);

– нормы на разработку организационно-технологической документации (документы по организационно-методическому обеспечению строительства).

**Календарный план строительства** (КП) – организация строительства во времени. В этой части ПОС определяются сроки и очередность строительства основных и вспомогательных сооружений с распределением капитальных вложений и стоимости СМР по периодам строительства.

Календарный план на подготовительный период разрабатывается отдельно и показывает распределение капитальных вложений и стоимости СМР по месяцам.

**Строительный генеральный план** (СГП) – организация строительства в пространстве, на строительной площадке. Он отражает:

– основные и вспомогательные объекты строительства;

– трассы постоянных дорог и инженерных сетей;

– пути движения основных строительных машин с указанием монтажных зон;

– склады строительных материалов и конструкций;

– временные административные, бытовые и производственные здания и пути подхода и подъезда к ним;

– трассы временных внутриплощадочных дорог;

– временные сети водоснабжения с расстановкой гидрантов и электроснабжения с указанием временных трансформаторных подстанций, распределительных шкафов и прожекторных мачт.

**Пояснительная записка к ПОС** содержит:

– краткие сведения об объекте строительства, включая максимальные массы монтируемых конструкций;

– характеристику условий строительства;

– расчет нормативной продолжительности строительства объекта;

- описание методов производства работ и совмещения строительных, монтажных и специальных строительных работ;
- мероприятия по охране труда и технике безопасности;
- противопожарные мероприятия;
- условия сохранения окружающей среды;
- указания и методы осуществления измерительного контроля качества СМР;
- обоснование потребности в электрической энергии, воде, кислороде, ацетилене, сжатом воздухе, а также временных зданиях и сооружениях.

В проекте организации строительства необходимо приводить следующие ТЭП: общую продолжительность строительства, в том числе подготовительного периода; максимальную численность работающих; затраты труда на выполнение СМР.

Особое значение для уменьшения трудоемкости и продолжительности строительства имеют полнота и качество организационно-технологической документации при возведении сложных, экспериментальных и уникальных объектов. Оригинальные архитектурно-конструктивные решения требуют разработки новых технологий, методов производства работ и монтажа новейших конструкций.

При строительстве объектов по очередям ПОС должен разрабатываться на каждую очередь строительства с учетом осуществления строительства всего объекта.

Для несложных объектов ПОС может разрабатываться в сокращенном объеме и состоять из календарного плана, строительного генерального плана, краткой пояснительной записки, включающей необходимые сведения об объекте строительства, условиях строительства, обоснование нормативной продолжительности строительства, методы производства работ с мероприятиями по безопасности труда и охране окружающей среды, противопожарные мероприятия, а также технико-экономические показатели.

Обобщим сведения о разработке проекта организации строительства в составе технической документации.

Технологическая часть проекта определяет порядок выполнения соответствующей функции, ради которой и возводится объект, например, производства продукции, обучения, лечения, отдыха и др.

Архитектурно-строительная часть проекта показывает, что строить, организационно-технологическая – как строить, т. е. порядок и способы выполнения всего комплекса строительных работ от подготовки площадки до сдачи объекта в эксплуатацию.

#### 9.4. Нормативная продолжительность строительства объекта. Способы и методы расчета

Строительство любых объектов должно осуществляться в нормативные сроки.

*Нормативным* называется такой срок строительства объекта, который обеспечивает минимальные суммарные затраты на строительство основных его участников (заказчика и подрядчика).

В настоящее время нормативную продолжительность в зависимости от наличия исходных данных можно определить различными способами:

– *нормативный способ*. Чтобы его использовать, необходимо знать:

- а) суммарные нормативные затраты на строительство объекта в человеко-часах;
- б) среднесписочное количество рабочих, которые будут принимать участие в строительстве данного объекта;
- в) календарный год строительства объекта.

Для этого способа используют формулу

$$T_{\text{н}} = \frac{\sum \text{НЗТ}}{N_{\text{сп}} t_{\text{см}} t_{\text{м}}},$$

где  $\sum \text{НЗТ}$  – суммарные нормативные затраты на строительство объекта;

$N_{\text{сп}}$  – установленная продолжительность рабочей смены;

$t_{\text{см}}$  – среднегодовое количество рабочих дней в месяце;

$t_{\text{м}}$  – среднесписочное количество рабочих (определяется по объекту аналогу);

– *на основании данных технического кодекса установившейся практики ТКП 45-1.03-125-2008 (02250)*. Чтобы его использовать, необходимо знать:

- а) вид строительного производства и назначение возводимого объекта;
- б) местоположение объекта строительства и его конструктивные особенности;
- в) величину нормообразующего показателя объекта.

Нормообразующим называется тот проектный параметр объекта, который наиболее значим для заказчика строительства.

Для этого способа в ТКП, для найденных объектов, для стандартных значений нормообразующего показателя находят значение норма-

тивной продолжительности. В тех случаях когда фактическое значение показателя отличается от найденных стандартных, нормативная продолжительность определяется расчетом.

Применяют два метода расчета:

– *метод экстраполяции:*

а)  $F_{\phi} \neq F_{\text{ст}}$ ;

б)  $F_{\phi} < F_{\text{ст}}^{\min}$  или  $F_{\phi} > F_{\text{ст}}^{\max}$ .

При этом методе нормативная продолжительность строительства определяется по следующим формулам:

$$T_{\text{н}}^{\text{р}} = T_{\text{н}}^{\min} \cdot \sqrt[3]{\frac{F_{\phi}}{F_{\text{н}}^{\min}}}, \text{ или } T_{\text{н}}^{\text{р}} = T_{\text{н}}^{\max} \cdot \sqrt[3]{\frac{F_{\phi}}{F_{\text{н}}^{\max}}};$$

– *метод интерполяции:*

а)  $F_{\phi} \neq F_{\text{т}}$ ;

б)  $F_{\phi} > F_{\text{ст}}^{\min}$ ;

в)  $F_{\phi} < F_{\text{ст}}^{\max}$ .

1. В ТКП находим ближайшее большее ( $F_{\text{ст}}^{\text{ББ}}$ ) и ближайшее меньшее ( $F_{\text{ст}}^{\text{БМ}}$ ) значения стандартных нормообразующих показателей данного объекта и соответствующую им нормативную продолжительность ( $T_{\text{ст}}^{\text{ББ}}$  и  $T_{\text{ст}}^{\text{БМ}}$ ).

2. Определяем величину изменения нормативной продолжительности в найденном интервале, приходящейся на единицу изменения нормообразующего показателя, по формуле

$$\Delta T_{\text{н}} = (T_{\text{ст}}^{\text{ББ}} - T_{\text{ст}}^{\text{БМ}}) / (F_{\text{ст}}^{\text{ББ}} - F_{\text{ст}}^{\text{БМ}}).$$

3. Определяем величины отклонения фактической нормативной продолжительности от найденных, ближайшее большее ( $F_{\text{ст}}^{\text{ББ}}$ ) и ближайшее меньшее ( $F_{\text{ст}}^{\text{БМ}}$ ) значения по следующим формулам:

$$\Delta F_1 = F_{\phi} - F_{\text{ст}}^{\text{БМ}}, \text{ или } \Delta F_2 = F_{\text{ст}}^{\text{ББ}} - F_{\phi}.$$

4. Определяем величину нормативной продолжительности строительства данного объекта по следующим формулам:

$$T_{\text{н1}}^{\text{р}} = T_{\text{ст}}^{\text{БМ}} + \Delta T_{\text{н}} \cdot \Delta F_1, \text{ или } T_{\text{н2}}^{\text{р}} = T_{\text{ст}}^{\text{ББ}} - \Delta T_{\text{н}} \cdot \Delta F_2.$$

Определенная любым способом нормативная продолжительность обязательно корректируется с учетом конструктивных особенностей и климатических условий района строительства.

Корректировка производится умножением найденной продолжительности на так называемые коэффициенты.

Количество коэффициентов и их величины определяются по технической части ТКП, которые имеют место для каждого строительного производства.

Например: если объект строится в районе, где продолжительность зимнего периода превышает 140 суток, то необходимо использовать коэффициент равный 1,2 и т. д.

После того как  $T_n$  будет откорректирована, устанавливают календарные сроки начала и окончания строительства. Эти сроки устанавливают в соответствии с рекомендациями Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь.

**Например:** определить нормативную продолжительность производства культуртехнических работ на землях, не требующих осушения, чистых от зарослей древесной растительности и камней, если площадь объекта  $F_{\phi} = 120$  га.

*Решение задачи.*

Объект строительства относится к п. 5 ТКП 45-1.03-125-2008 (02250).

Для этих объектов в ТКП нормативная продолжительность представлена в следующих нормообразующих показателях: 0,1; 0,25; 0,50; 1,0 тыс. га.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что эта задача будет решаться **методом интерполяции, так как**

а)  $120 \text{ га} \neq 100 \text{ га} \neq 250 \text{ га} \neq 500 \text{ га} \neq 1000 \text{ га}$ ;

б)  $120 \text{ га} > 100 \text{ га}$ ;

в)  $120 \text{ га} < 1000 \text{ га}$ .

В ТКП находим ближайшее большее ( $F_{\text{ст}}^{\text{ББ}}$ ) и ближайшее меньшее ( $F_{\text{ст}}^{\text{БМ}}$ ) значение стандартных нормообразующих показателей данного объекта и соответствующую им нормативную продолжительность ( $T_{\text{ст}}^{\text{ББ}}$  и  $T_{\text{ст}}^{\text{БМ}}$ ):

$$F_{\text{ст}}^{\text{ББ}} = 250 \text{ га}; \quad T_{\text{ст}}^{\text{ББ}} = 2 \text{ мес};$$

$$F_{\text{ст}}^{\text{БМ}} = 100 \text{ га}; \quad T_{\text{ст}}^{\text{БМ}} = 1 \text{ мес}.$$

Определяем величину изменения нормативной продолжительности в найденном интервале, приходящейся на единицу изменения нормообразующегося показателя, по формуле

$$\Delta T_n = (2 - 1) / (250 - 100) = 0,0067 \text{ мес/га.}$$

Определяем величины отклонения фактической нормативной продолжительности от найденных, ближайшее большее ( $F_{\text{ст}}^{\text{ББ}}$ ) и ближайшее меньшее ( $F_{\text{ст}}^{\text{БМ}}$ ) значения:

$$\Delta F_1 = 120 - 100 = 20 \text{ га; или } \Delta F_2 = 250 - 120 = 130 \text{ га.}$$

Определяем величину нормативной продолжительности строительства данного объекта:

$$T_{\text{н1}}^{\text{P}} = 1 + 0,0067 \cdot 20 = 1,13 \text{ мес; или } T_{\text{н2}}^{\text{P}} = 2 - 0,0067 \cdot 130 = 1,13 \text{ мес.}$$

*Ответ.* Нормативная продолжительность производства культуртехнических работ на землях, не требующих осушения, чистых от зарослей древесной растительности и камней, площадь объекта – 120 га, составляет 1,13 мес.

**Например:** определить нормативную продолжительность производства культуртехнических работ на землях, не требующих осушения, чистых от зарослей древесной растительности и камней, если площадь объекта  $F_{\text{ф}} = 20$  га.

*Решение задачи.*

Объект строительства относится к п. 5 ТКП 45-1.03-125-2008 (02250) или прил. 3.

Для этих объектов в ТКП нормативная продолжительность представлена в следующих нормообразующих показателях: 0,1; 0,25; 0,50; 1,0 тыс. га.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что эта задача будет решаться **метод экстраполяции, так как**

- а)  $120 \text{ га} \neq 100 \text{ га} \neq 250 \text{ га} \neq 500 \text{ га} \neq 1000 \text{ га}$ ;
- б)  $20 \text{ га} < 100 \text{ га}$ .

В ТКП находим минимальное значение стандартного нормообразующего показателя данного объекта ( $F_{\text{ст}}^{\text{min}}$ ) и соответствующую минимальную нормативную продолжительность ( $T_{\text{н}}^{\text{min}}$ ):

$$F_{\text{ст}}^{\text{min}} = 100 \text{ га; } T_{\text{н}}^{\text{min}} = 1 \text{ мес.}$$

При этом методе нормативная продолжительность строительства определяется по следующей формуле:

$$T_n^p = 1 \cdot \sqrt[3]{\frac{20}{100}} = 0,6 \text{ месяца.}$$

*Ответ.* Нормативная продолжительность производства культурно-технических работ на землях, не требующих осушения, чистых от зарослей древесной растительности и камней, площадь объекта – 20 га, составляет 0,6 месяца.

Исходя из минимизации ущерба землепользователей, исключая земли из севооборота на период строительства объекта, оптимальные сроки начала строительства мелиоративных объектов в Республике Беларусь в зависимости от норм продолжительности строительства приведены в табл. 9.1.

Таблица 9.1. **Оптимальные сроки начала строительства мелиоративных объектов в Республике Беларусь в зависимости от норм продолжительности строительства**

Мелиоративные сроки, продолжительность которых по нормам, мес	Оптимальный срок начала строительства	Ввод в эксплуатацию объекта по нормам продолжительности строительства
6 и менее	Апрель – май	Октябрь – ноябрь
7...12	Октябрь	Май – октябрь
13	Июль	Август
14	Июль	Сентябрь
15	Июль	Октябрь
16	Июнь	Октябрь
17	Май	Октябрь
18	Апрель	Октябрь
19	Октябрь	Май
20	Октябрь	Июнь
21	Октябрь	Июль
22	Октябрь	Август
23	Октябрь	Сентябрь
24	Октябрь	Октябрь
25	Июль	Август

### 9.5. Организационно-технологические модели строительства объекта

*Организационно-технологические модели* – это проектный документ, который устанавливает предполагаемую последовательность выполнения на объекте строительства его основных организационных элементов.

Организационными элементами объекта считают:

– *пусковой комплекс (ПК)* – это часть объекта в границах запроектированного севооборота или отдельные сооружения объекта, который можно построить и сдать в эксплуатацию независимо от степени готовности других частей объекта.

Количество пусковых комплексов, на которые можно разделить объект строительства, зависит от следующих факторов:

а) площадь объекта и количество запроектированных севооборотов; количество пусковых комплексов не может превышать запланированных севооборотов;

б) нормативная продолжительность строительства; на пусковые комплексы разбивают только те объекты, продолжительность строительства которых превышает 12 месяцев;

в) сметная стоимость строительства объекта; количество пусковых комплексов определяется путем деления сметной стоимости строительства на мощность подрядной организации, которая будет осуществлять строительство;

– *спецпоток (СП)* – это отдельные виды рабочих процессов, которые планируется осуществлять в границах выделенных ПК;

– *технологический этап (ТЭ)* – отдельные рабочие места объекта, на которых планируется выполнить рабочие операции рассматриваемого СП. Количество ТЭ и их объемы определяют в соответствии с действующими рекомендациями. Например, при строительстве открытой сети ТЭ является каждый запроектированный канал независимо от его назначения и параметра.

Технологический этап на модели изображается в виде квадрата: вверху квадрата записывается номер ТЭ, внизу – объем.

## **9.6. Календарный план строительства. Исходные данные и техника составления**

*Календарный план строительства* – это проектный документ, который определяет технологическую последовательность и календарные сроки выполнения работ, выделенных на спецпотоке данного объекта.

Исходные данные для составления календарного плана строительства:

- номенклатура выделяемых ПК и СП;
- сметная стоимость каждого СП и объекта в целом;
- нормативная продолжительность строительства и календарные сроки начала и окончания работ на объекте;

- планируемое распределение суммарных капитальных вложений по отдельным периодам нормативного срока строительства;
- сезонная зависимость выполнения работ спецпотока.

Календарный план строительства составляется в табличной форме.

Для того чтобы определить сметную стоимость СП, необходимо сделать следующее:

- определить размеры суммарных капвложений на строительство данного объекта по формуле

$$S = FS_{уд},$$

где  $F$  – площадь объекта;

$S_{уд}$  – удельные капитальные вложения;

- определить сметную стоимость каждого запланированного СП по формуле

$$S_{сп} = SK_{уд} / 100,$$

где  $K_{уд}$  – удельная стоимость СП;

- определить объем капвложений, которые необходимо освоить на объекте в каждом месяце нормативного срока строительства, по формуле

$$C_i = SH_{csi} / 100,$$

где  $i$  – порядковый номер строительства;

$H_{csi}$  – норматив строительного задела.

Пример календарного плана строительства (табл. 9.2) мелиоративной сети: год строительства – 2020, нормативный срок строительства – 6 мес, четыре спецпотока, сметная стоимость – 800 усл. ед., начало строительства – апрель.

Таблица 9.2. Календарный план строительства

Наименование спецпотока	Стоимость СП	2020 г.					
		Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
		10 %	20 %	10 %	30 %	20 %	10 %
1. Открытая сеть	200	80	120	–	–	–	–
2. Закрытая сеть	400	–	40	80	240	40	–
3. ГТС	100	–	–	–	–	100	–
4. Освоение земель	100	–	–	–	–	20	80
Всего по объекту	800	80	160	80	240	160	80

По результатам календарного планирования определяют:

- планируемую продолжительность и сроки выполнения работ каждого СП данного объекта;
- технологическую последовательность выполнения работ СП данного объекта.

## 9.7. Методика определения общей потребности строительства в материально-технических ресурсах

Для того чтобы разнести декады на изготовление необходимых предметов и орудий труда, на стадии проектирования организации и строительства производятся предварительный расчет потребности строительства в ресурсах.

Алгоритм расчета следующий:

- на основании принятых проектных решений определяют, какие виды работ необходимо выполнять на объекте (земляные, культуртехнические, монтажные работы);
- на основе рабочих чертежей проекта определяют объем этих видов работ в целом по объекту;
- распределяют рассчитанные объемы работ по типам машин, с помощью которых эти работы будут выполняться;
- определяют, какие предметы труда необходимы для выполнения каждого вида работ;
- определяют необходимое количество материальных ресурсов по формуле

$$Q_{i-j} = \frac{W_{i-j}}{W_{\text{ед}}} H_{\text{р. м}}^{i-j},$$

где  $i = 1 \dots n$  – виды работ, которые необходимо выполнить на объекте;  
 $j = 1 \dots k$  – предметы труда, которые необходимо использовать при выполнении  $i$ -го вида работ;

$W_{i-j}$  – планируемый объем  $i$ -го вида работ на объекте;

$H_{\text{р. м}}^{i-j}$  – норма расхода  $j$ -го материала при выполнении  $i$ -го вида работ на объекте;

$W_{\text{ед}}$  – единичный объем (это тот объем, на который дается норма расхода материала);

– определяют общую потребность строительства в  $j$ -м виде материала по формуле

$$Q_j = \sum_{i-j}^n Q_{i-j},$$

где  $i = 1 \dots n$  – количество работ на объекте, для выполнения которых необходим  $j$ -й вид ресурса;

– определяют потребность строительства в орудиях труда по формуле

$$N_{i-m} = W_{i-m} / H_{\text{выр}}^{m(\text{пл})},$$

где  $N_{i-m}$  – количество машин для выполние  $i$ -го вида работ;  
 $m$  – тип машины с помощью, которой необходимо выполнить  $i$ -й вид работы;  
 $W_{i-m}$  – планируемый объем  $i$ -го вида работ, который необходимо выполнить с помощью машин  $m$ -го типа;  
– определяют планируемую норму выработки для машин:

$$H_{\text{выр}}^{m(\text{пл})} = H_{\text{выр}}^{m(\text{б})} (1 + P_{\text{пт}})^{t-1},$$

где  $H_{\text{выр}}^{m(\text{пл})}$  – планируемая норма выработки работ для машин  $m$ -го типа для условий данного объекта;  
 $H_{\text{выр}}^{m(\text{б})}$  – базовая норма выработки работ для машин  $m$ -го типа по данным строительной организации;  
 $P_{\text{пт}}$  – планируемый рост производительности труда (0,02...0,03);  
 $t$  – количество лет от года с базовой выработки до года строительства данного объекта;  
– определяют потребность строительства в трудовых ресурсов.  
Необходимое количество рабочих основных рабочих профессий определяется по формуле:

$$n_p = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{H_{\text{выр}}},$$

где  $\sum_{i=1}^n S_i$  – сметная стоимость всех видов работ на данном объекте;  
 $H_{\text{выр}}$  – выработка на одного среднесписочного рабочего в строительной организации;  
– определяют количество инженерно-технических работников (ИТР) (мастер, прораб):

$$n_{\text{итр}} = 0,1n_p;$$

– определяют число обслуживающего персонала (слесари, ремонтники, сторожа):

$$n_o = 0,4(n_p + n_{\text{итр}}).$$

## 10. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ НА ОБЪЕКТАХ МЕЛИОРАТИВНОГО И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

### 10.1. Цели, задачи и исходные данные для проектирования организации производства работ

*Цель проектирования организации производства работ* – это разработка и утверждение проекта производства работ (ППР) для каждого объекта.

Проект производства работ состоит из двух частей:

- технология производства работ (ТПР);
- организация производства работ (ОПР).

*Для достижения поставленных целей организация производства работ предусматривает решение следующих задач:*

- определение для каждого спецпотока необходимого количества исполнителей для каждой рабочей операции, входящей в этот спецпоток;
- определение количественного состава комплекта машин для производства всех работ на данном объекте;
- разработка организационной схемы работы принятых машин в условиях данного объекта;
- составление карточки-определителя работ для данного объекта, соответствующей принятой организационной схеме работы машин;
- выбор и обоснование возможных методов организации работ в условиях объекта;
- выбор и обоснование вида и формы модели организации работ на объекте;
- разработка структуры, модели организации работ на объекте;
- расчет временных параметров модели организации работ и определение расчетной продолжительности строительства на объекте;
- корректировка модели организации работ по времени, если расчетная продолжительность окажется больше нормативной;
- построение модели организации работ с известными временными параметрами в масштабе времени – календарный план производства работ (КППР);
- построение графиков поставок ресурсов на объект строительства и их анализ;
- корректировка календарного плана производства работ по ресурсам, если анализ графиков поставок ресурсов дал отрицательный результат.

*Для решения поставленных задач необходимы следующие исходные данные:*

- номенклатура спецпотоков рассматриваемого объекта;
- перечень рабочих операций для каждого спецпотока. Для каждой рабочей операции необходимо знать: объем работы, тип и марку машин, планируемые затраты рабочего времени в часах, трудоемкость в человеко-часах, стоимость;
- календарный план строительства объекта и планируемая продолжительность выполнения работ для каждого спецпотока в календарных или рабочих днях;
- наличие и состав парка машин у подрядной строительной организации;
- схема планового и высотного расположения проектных сооружений данного объекта (стройгенплан);
- схема планового расположения выемок и отвалов грунта при строительстве данного объекта.

## **10.2. Проект производства работ, структура и содержание**

**Проект производства работ (ППР)** – документация, разрабатываемая подрядной организацией, в которой максимально детально решаются вопросы эффективной организации строительства конкретного объекта на строительной площадке. В случае если подрядчик не имеет возможности разработать ППР (технически сложный объект и т. д.), для этой цели привлекается специализированная организация.

**Проект производства работ** на конкретный объект содержит:

- календарный план производства работ (сроки проведения работ и их последовательность);
- нормативное время использования машин и механизмов;
- потребность в трудовых ресурсах;
- потребность в машинах и механизмах;
- генеральный план строительной площадки (с указанием расположения действующих и временных инженерных сетей, схем передвижения механизмов и автотранспорта и т. д.);
- графики поступления на объект материалов и оборудования;
- мероприятия по технике безопасности;
- пояснительную записку (обоснование решений по производству работ, потребность в энергоресурсах, мероприятия по защите действующих зданий и сооружений, технико-экономические показатели).

Также в состав проекта производства работ входят технологические карты, в которых содержатся сведения о процессе производства

строительных работ, наиболее подходящих инструментах и оборудовании, которое позволит максимально быстро осуществить строительство, соответствии всем необходимым нормам, ГОСТам и правилам.

Разработанный проект производства работ утверждается руководителем генподрядной организации. Проект производства работ по отдельным видам работ утверждается руководителями субподрядных организаций (в случае привлечения таковых).

### 10.3. Расчет количественного состава исполнителей для производства работ

Для расчета количественного состава могут быть использованы два метода расчета:

- метод равнозагруженности машин в условиях объекта;
- метод согласованной работы машин в условиях объекта.

*Алгоритм метода равнозагруженности:*

– из запланированных перечней рабочих операций рассматриваемого спецпотока выбирают основную по назначению, она должна формировать конечную продукцию спецпотока, максимальных ЗТ и стоимости.

Машину, с помощью которой планируется выполнять основную рабочую операцию, называют ведущей машиной комплекта;

– определяют необходимое количество ведущих машин (шт.) в составе комплекта:

$$N_o \geq \frac{3B_o}{T_{ст} K_{пв} t_{см} K_{см.в}}$$

где  $3B_o$  – планируемые затраты рабочего времени на выполнение основной рабочей операции, ч (технормаль);

$T_{ст}$  – планируемая продолжительность выполнения рассматриваемого спецпотока (берут из календарного плана строительства), к. дн.;

$K_{пв}$  – коэффициент перевода календарных дней в рабочие;

$t_{см}$  – установленная продолжительность рабочей смены, ч;

$K_{см.в}$  – планируемый коэффициент сменности работы машины в условиях данного объекта.

Коэффициент перевода календарных дней в рабочие определяется по результатам планирования режима работы машины в условиях строительной организации. Величина этого коэффициента зависит от трех факторов:

- а) типа и марки машины;
- б) места расположения объекта строительства;
- в) времени года, в котором запланировано использование этой машины.

$$K_{пв} = 0,25 \dots 0,65.$$

Полученные значения  $N_o$  округляют до большего целого числа:

$$N_o = N_{o. пр},$$

где  $N_o$  – полученное число по расчету, шт.;

$N_{o. пр}$  – принятое количество основных машин.

Полученное значение сравнивают с наличием машин данной марки у подрядной организации. Если в организации больше машин данной марки, то принимаем принятое количество. Если же меньше, то необходимо вернуться к расчету количества машин.

Чтобы сократить расчетное количество ведущих машин, можно использовать следующие мероприятия:

- а) увеличить, если это возможно, коэффициент сменности работы на объекте;
  - б) увеличить продолжительность строительства данного объекта.
- Но для этого требуется пересмотреть календарный план строительства.

Если же указанные мероприятия не дают желаемого результата, то в этом случае принимаем то количество машин, которое есть в строительной организации.

Все остальные машины, выполняющие все основные операции, называются не ведущими, или комплектующими, машинами. Необходимое их количество определяют по формуле

$$N_i \geq \frac{N_{o. пр} K_{см. о} 3B_i}{3B_o K_{см i}},$$

где  $i$  – номер рассматриваемой рабочей операции;

$3B_i$  – планируемые затраты времени для выполнения  $i$ -й рабочей операции на объекте;

$K_{см i}$  – коэффициент сменности для данной машины, выполняющей  $i$ -ю рабочую операцию.

Полученное значение округляют до большего целого.

$$N_i = N_{пр}.$$

Расчет производится в табличной форме (табл. 10.1).

Таблица 10.1. Расчетное количество машин для выполнения рабочих операций

№ п. п.	Наименование рабочих операций	Типы и марки машин	Планируемые затраты рабочего времени, ч	Необходимое количество		Т <sub>стр.</sub> , к. дн.
				по расчету	принятое	

Окончательно необходимое количество комплекта машин для данного объекта с учетом того, что несколько машин могут выполнять несколько рабочих операций, определяется в табличной форме (табл. 10.2).

Таблица 10.2. Расчетное количество состава комплекта машин

№ п. п.	Типы и марки машин	Номер рабочей операции, выполняемой на объекте	Требуемое количество		Порядковый номер принятой машины
			по расчету	принятое	

#### 10.4. Организационная схема работы исполнителей на объекте

**Организационная схема работы исполнителей на объекте** – это проектный документ, определяющий границы участков работы для каждого принятого исполнителя каждой запланированной рабочей операции; очередность выполнения работ каждым исполнителем в границах выделяемого ему участка и на объекте в целом и устанавливающий оптимальное направление движения исполнителей при выполнении порученных им работ в соответствии с принятой очередностью их выполнения на объекте.

Участком работы исполнителя называют часть объекта, в границах которой он выполняет работы порученной ему рабочей операции. Если рабочую операцию планируется выполнять одним исполнителем, то для этой рабочей операции участком работы этого исполнителя будет весь объект и в границах этого участка он должен выполнить все запланированные работы рассматриваемой рабочей операции. Например: «Вынос проекта в натуру» – выполняет один исполнитель (звено геодезистов). Это означает, что участком работы этого звена будет вся запроектированная сеть. Звено обязано осуществить вынос в натуру проектных осей запроектированных каналов. Чтобы определить очередность выполнения этих работ, необходимо учитывать плановое расположение каналов на объекте. В первую очередь выносятся в натуру проектные оси каналов высшего порядка.

Из возможных вариантов предпочтительнее вариант, предусматривающий минимальную протяженность переходов исполнителя с одного рабочего места на другое (работы этой рабочей операции можно выполнять только в одном направлении – от устья каждого канала к его истоку).

«Устройство проектных каналов» – планируется выполнять двумя исполнителями: два одинаковых экскаватора ЭО-3211В. Для этой рабочей операции объект необходимо разбить на два участка. Желательно, чтобы эти участки были равновеликими по продолжительности работы на них исполнителей. В границах выделенного участка каждый исполнитель должен выполнять целое число работ.

Для всех экскаваторных рабочих операций, независимо от принятой технологии строительства, направление движения исполнителей принимается однозначно, т. е. от устья канала к его истоку. Также однозначно принимается направление движения исполнителей при выполнении работ рабочей операции «Засыпка пионерных траншей», если строительство сети предусматривается по ТС-2. В этом случае направление движения бульдозеров принимается от истока канала к его устью. При этом в первую очередь засыпаются пионерные траншеи каналов низшего порядка и в последнюю очередь – пионерные траншеи каналов высшего порядка. Все работы остальных рабочих операций, связанных с корчевкой и сгребанием кустарника, разравниванием экскаваторных отвалов, перемещением экскаваторных отвалов в насыпь дороги, планировкой откосов, можно осуществлять в любом направлении, т. е. от устья к истоку или от истока к устью. Окончательное решение о направлении движения исполнителей принимается исходя из следующих соображений:

- переход исполнителя с одной работы на другую должен иметь минимальную протяженность;

- если один исполнитель (имеющий одинаковый порядковый номер) выполняет на объекте работы нескольких рабочих операций, то очередность их выполнения и направление движения исполнителя должны определяться не для каждой операции отдельно, а совместно для всех рабочих операций, которые будет выполнять этот исполнитель.

На основании принятых запланированных решений составляется организационная схема работы исполнителей на объекте и представляется в табличной форме (табл. 10.3).

Таблица 10.3. Организационная схема работы исполнителей на объекте

№ п. п.	Наименование рабочих операций	Исполнители рабочих операций			Границы участков работы	Очередность и направление выполнения работ						
		Марка	Количество	Номер		К-1		К-2		К-3		
						О	Н	О	Н	О	Н	

Примечание: О – очередность выполнения работы;  
 Н – направление движения исполнителя;  
 К-1, К-2, К-3 – название участков работы.

### 10.5. Карточка-определитель работ объекта строительства

**Карточка-определитель** – это проектный документ, определяющий расчетную продолжительность выполнения запланированных работ и рабочих операций на объекте в соответствии с принятой организационной схемой исполнителя.

Для составления карточки-определителя необходимо знать:

- запланированный перечень рабочих операций и работ на объекте;
- профильный объем рабочих операций и работ на объекте;
- величины технических норм для выполнения рабочих операций и работ на объекте в соответствии с условием их выполнения и принятых типов и марок машин.

Расчетными параметрами карточки-определителя являются:

- расчетная продолжительность выполнения работ на объекте (в рабочих днях), определяемая по формуле

$$t_{i-j} = \frac{W_{i-j}}{H_{пр. i-j}},$$

где  $i$  – номер рабочей операции;

$j$  – номер рабочего места;

$W_{i-j}$  – профильный объем  $i$ -й рабочей операции на  $j$ -м рабочем месте;

$H_{пр. i-j}$  – норма производительности выполнения  $i$ -й рабочей операции на  $j$ -м рабочем месте, которая определяется по формуле

$$H_{пр. i-j} = \frac{W_{ед}}{H_{вр. i-j}},$$

где  $W_{ед}$  – единичный объем;

$H_{вр. i-j}$  – норма времени согласно результатам нормирования;

– расчетная продолжительность выполнения рабочих операций на объекте (в рабочих днях), определяемая по формуле

$$T_i = \frac{W_i}{N_i^{\text{пр}} H_{\text{пр.}i}},$$

где  $W_i$  – профильный объем  $i$ -й рабочей операции на объекте;

$N_i^{\text{пр}}$  – принятое количество машин для выполнения  $i$ -й рабочей операции;

$H_{\text{пр.}i}$  – средневзвешенная норма производительности машин для выполнения  $i$ -й рабочей операции, которая определяется по формуле

$$H_{\text{пр.}i} = \frac{\sum_{j=1}^n (H_{i-j}^{\text{пр}} W_{i-j})}{\sum_{j=1}^n W_{i-j}},$$

где  $j = 1$  – количество рабочих мест, на которых выполняется  $i$ -я рабочая операция.

Карточка-определитель работ на объекте строительства составляется в табличной форме (табл. 10.4).

Таблица 10.4. Карточка-определитель работ на объекте

№ п. п.	Наименование рабочих операций	Машины		Расчетная продолжительность работ, раб. дн.			Расчетная продолжительность рабочей операции, раб. дн.
		Марка	№	К-1	К-2	К-3	

## 10.6. Методы организации работ и условия их применения

Выделяют три метода организации производства работ: последовательный, параллельный, поточный.

**Последовательный метод** – это метод, при котором отдельные виды строительных работ проводятся последовательно, т. е. следующий вид строительных работ начинается по окончании предшествующего.

**Параллельный метод** основан на максимальном совмещении во времени отдельных видов работ, как строительных, так и монтажных.

*Поточный метод* основан на расчленении сложных процессов на простейшие операции, на последовательном выполнении простейших операций и максимальном совмещении строительных процессов.

*Единичный метод* организации производства работ предполагает изготовление продукции в единичных экземплярах или небольшими неповторяющимися партиями.

*Последовательные методы* организации работ применяются с тех пор, как существует труд.

Они характеризуются, с одной стороны, последовательностью выполнения работ комплекса, а с другой – отсутствием одновременности их выполнения.

Необходимость их применения определяется:

- спецификой производства;
- конструктивными особенностями сооружений;
- технологией работ;
- техникой безопасности.

*Достоинства последовательного метода:*

- простота его организации;
- низкая чувствительность к изменению и даже отказу от ритмичности работ;
- высокая степень альтернативности цепи (последовательности работ), так как ее характер может быть достаточно свободно изменен в любой момент времени.

*Недостатки последовательного метода:*

- большая продолжительность выполнения комплекса работ, максимальная по сравнению с другими методами при равной интенсивности работ;
- большая потребность в ресурсах, максимальная по сравнению с другими методами при одном и том же сроке выполнения комплекса работ.

Вследствие указанных недостатков последовательные методы организации работ в качестве самостоятельных применяются весьма редко, за исключением случаев, когда эти методы единственно возможны. Однако последовательные методы имеют место во всех методах.

Оптимизация последовательных методов организации работ в зависимости от принимаемого критерия заключается:

- в выборе рациональной интенсивности работ, обеспечивающей выполнение комплекса работ в директивный срок;
- в выборе метода, обеспечивающего непрерывное использование ресурсов или непрерывное освоение фронтов (захваток) работ;

– в выборе метода, предполагающего изменение интенсивности в процессе производства работ.

*Поточный метод характеризуется:*

– глубоким расчленением производственного процесса на операции;

– четкой специализацией рабочих мест на выполнении определенных операций;

– параллельным выполнением операций на всех рабочих местах;

– расположением оборудования по ходу технологического процесса;

– высоким уровнем непрерывности производственного процесса, достигаемым обеспечением равенства или кратности продолжительности операций такту потока. Такт – промежуток времени между запуском (или выпуском) двух смежных изделий на поточной линии. Величина, обратная такту, называется ритмом поточной линии;

– наличием специального межоперационного транспорта для передачи предметов труда с операции на операцию.

Основной структурной единицей поточного производства является поточная линия. Поточная линия представляет собой совокупность рабочих мест, расположенных по ходу технологического процесса, предназначенных для выполнения закрепленных за ними операций и связанных между собой специальными видами межоперационных транспортных средств. В условиях потока наиболее часто применяются разнообразные приводные транспортные средства – конвейеры. На конвейере непрерывного действия технологические операции выполняются во время движения изделия. При пульсирующем характере работы конвейер останавливается на время выполнения операций.

Поточный метод организации производственного процесса можно применять при соблюдении следующих условий:

– объем выпуска продукции достаточно большой, а изделия конструктивно не изменяются в течение длительного промежутка времени, что не всегда соответствует потребностям рынка;

– затраты времени по операциям могут быть установлены с достаточной точностью, синхронизированы и сведены к одной или кратной величине;

– обеспечивается непрерывная подача к рабочим местам материалов, деталей, сборочных узлов и полная загрузка оборудования.

Поточные линии весьма разнообразны и характерны для массового производства. Наибольшее распространение они получили в легкой и пищевой промышленности, машиностроении, металлообработке и других отраслях.

Поточный метод организации производственного процесса характеризуется высокой эффективностью, которая обеспечивается высоким уровнем использования всех принципов организации производства.

Эффективность проявляется:

- в повышении производительности труда за счет сокращения перерывов в изготовлении продукции, механизации производственного процесса, специализации рабочих мест и т. д.;
- в ускорении оборачиваемости оборотных средств за счет сокращения цикла обработки;
- в снижении себестоимости продукции.

В то же время поточная организация производственного процесса имеет и недостатки:

- монотонная, однообразная работа на конвейерах является причиной низкой удовлетворенности трудом рабочих и способствует увеличению текучести кадров;
- изделие должно быть полностью подготовлено к производству, так как любая его «доводка» потребует остановки всего конвейера;
- вся поточная линия может остановиться из-за поломки одного станка или выбытия одного рабочего.

В целях уменьшения негативного влияния недостатков поточного метода организации производственного процесса могут применяться следующие меры:

- организация работы при переменных в течение дня такте и скорости поточной линии;
- перевод рабочих в течение смены с одной операции на другую;
- применение многооперационных машин, требующих регулярного переключения внимания рабочих на разные процессы;
- меры материального стимулирования;
- внедрение агрегатно-групповых методов организации производственного процесса, поточных линий со свободным ритмом;
- подготовка дублеров для работы на поточной линии.

Основными направлениями повышения социально-экономической эффективности поточного производства являются внедрение полуавтоматических и автоматических поточных линий, применение роботов и автоматических манипуляторов для выполнения монотонных операций.

*Единичный метод* организации производства предполагает изготовление продукции в единичных экземплярах или небольшими неповторяющимися партиями. Он применяется при изготовлении сложного уникального оборудования (прокатные станы, турбины и т. д.), специ-

альной оснастки, в опытном производстве, при выполнении отдельных видов ремонтов и т. п.

Отличительными особенностями единичного метода организации производства являются:

- большая неповторяющаяся номенклатура продукции;
- использование универсального оборудования и специальной оснастки;
- расположение оборудования по группам однотипных станков;
- разработка укрупненной технологии;
- использование рабочих с широкой специализацией высокой квалификации;
- значительный удельный вес работ с использованием ручного труда;
- сложная система организации материально-технического обеспечения, создающая большие запасы незавершенного производства, а также на складе;
- и, как результат предыдущих характеристик, высокие затраты на производство и реализацию продукции, низкая оборачиваемость оборотных средств и уровень использования оборудования.

Направлениями повышения эффективности единичного метода организации производства являются развитие стандартизации, унификация деталей и узлов, внедрение групповых методов обработки.

В мелиоративном строительстве используют два метода организации работ:

- последовательный метод;
- параллельный метод.

Для того чтобы определить, какой конкретно метод организации работ на объекте необходимо использовать, требуется установить, к какой группе по степени зависимости в условиях данного объекта относятся рассматриваемые работы и в каком направлении будут двигаться машины, которые их должны выполнять.

На любом объекте по степени зависимости выделяют три группы работ:

- зависимые;
- независимые;
- полузависимые.

**Зависимые** – это работы, принадлежащие к одной или разным рабочим операциям, но для выполнения которых предусмотрено использовать одну и ту же машину (исполнителя). Для выполнения этих работ можно использовать только последовательный метод их организации.

**Независимые** – это работы, принадлежащие одной или разным рабочим операциям и для выполнения которых предусмотрено использовать разные машины. При этом эти работы не зависят друг от друга ни по технологии, ни по месту их выполнения. Для выполнения этих работ на объекте, как правило, используют параллельный метод их организации.

**Полузависимые** – это работы, принадлежащие к разным рабочим операциям и для выполнения которых предусмотрено использовать разные машины. При этом эти работы зависят друг от друга либо по технологии, либо по рабочему месту, на котором они должны быть выполнены. Для выполнения этих работ можно использовать оба метода их организации. Последовательный – если направления движения машин, выполняющих эти работы, не совпадают, и параллельный – если направления совпадают согласно принятой организационной схеме.

## **11. СЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА В МЕЛИОРАТИВНОМ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

### **11.1. Основные определения и понятия сетевого моделирования**

Сетевое моделирование в строительстве основано на теории графов.

Множество точек на плоскости, соединенных между собой направленными либо не направленными отрезками прямых линий, называется математическим графом.

Каждый граф состоит из следующих элементов:

- точки на плоскости – называются *вершинами графа*;
- направленный отрезок прямой линии;
- соединение вершины – называется *дугой графа*;
- не направленный отрезок прямой линии, соединенной вершинами, – называется *ребром графа*.

Математический граф, у которого все вершины соединены дугами, называется *ориентированным графом*, или *математической сетью*.

Графическое изображение предполагаемого хода выполнения запланированных работ на объекте в виде ориентированного математического графа называется *сетевой моделью организации этих работ*.

## 11.2. Формы и приоритеты сетевых моделей

Сетевые модели существуют в двух формах:

- стрелка-работа (вершина-события);
- стрелка-связь (вершина-работа).

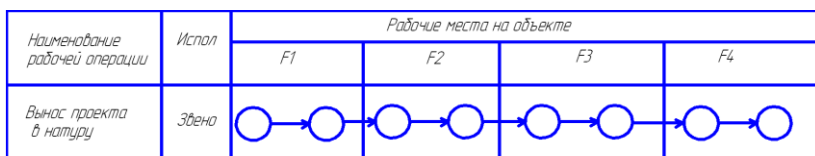
*Стрелка-работа* – на моделях этой формы каждая работа изображается в виде дуги графа.

*Стрелка-связь* – на этих моделях каждая работа изображается в виде вершины графа.

Любая форма сетевой модели может разрабатываться с различными приоритетами:

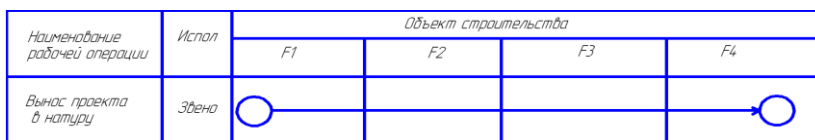
*стрелка-работа* – приоритет работа. На моделях этого вида изображается каждая запланированная работа на объекте.

Если сетевая модель разработана с приоритетом работ, то в такой модели показывается каждая из запланированных работ независимо от того, какой исполнитель будет ее выполнять;



*стрелка-связь* – приоритет исполнителей. На моделях этого вида изображается комплекс работ, которые выполняет один исполнитель на объекте.

Если сетевая модель разработана с приоритетом исполнителя, то в такой модели одной работой сменяются все работы, выполняемые одним исполнителем в рамках одной рабочей операции.



Сетевые модели обладают следующими *достоинствами*:

- высокая достоверность результатов моделирования (70...90 %);
- модели этих форм являются динамичными моделями – это значит, что любые изменения в ходе выполнения работ на объекте не вызывают необходимости пересмотра топологии или структуры самой модели;

– модели данного вида позволяют определить главные, основные работы объекта, а остальные классифицировать по степени их влияния на расчетную продолжительность строительства объекта;

– модели данного вида позволяют рассчитать численное значение временных параметров, которые необходимо знать при принятии управленческих решений на объекте строительства.

Сетевые модели обладают следующими *недостатками*:

– невозможность совмещать во времени процесс сетевого моделирования и построения календарного плана производства работ;

– для построения сетевых моделей необходимо знать специальные правила и технику построения сетевых моделей.

### 11.3. Элементы сетевых моделей и их характеристика

Сетевые модели в форме стрелка-работа состоят из следующих элементов.

**Работа** – это рабочая операция, выполняемая одним исполнителем на каждом рабочем месте рассматриваемого объекта.

Любая работа обязательно требует затрат времени и ресурсов. В сетевых моделях работа изображается в виде сплошной горизонтальной стрелки произвольной длины, направленной всегда слева направо.

**События** – это факт начала или окончания запланированных работ на объекте, необходимый и достаточный для начала или окончания последующих работ.

В сетевых моделях каждая запланированная работа имеет два события, которые изображаются в виде кружка произвольного диаметра в начале и конце стрелки, изображающей работу (рис. 11.1).



Рис. 11.1. Изображение работы и событий в сетевых моделях

В начале стрелки изображается так называемое начальное событие работы (НС), которое символизирует начало выполнения данной работы на объекте. В конце стрелки изображается так называемое конечное событие работы (КС), которое символизирует факт полного окончания данной работы на объекте.

Начальное событие первой работы на рассматриваемом объекте, не имеющее предшествующих «работ», «ожиданий» и «зависимостей»,

называется исходным событием сетевой модели (ИССМ). У любой модели такое событие может быть только одно.

Конечное событие последней работы на объекте, не имеющее последующих «работ», «ожиданий» и «зависимостей», называется завершающим событием сетевой модели (ЗССМ). У любой модели такое событие может быть только одно (одноцелевая сетевая модель).

**Ожидание** – это перерывы между запланированными работами, регламентированные различными причинами и обстоятельствами.

Ожидание требует затрат времени, но не требует затрат ресурсов. В зависимости от причин и обстоятельств, вызывающих необходимость перерывов между «работами», можно выделить несколько видов «ожиданий».

**Технологические ожидания (ТО)** – это перерывы между работами, которые регламентируются принятой технологией строительства объекта.

При строительстве открытой проводящей осушительной сети с использованием специальных технологических схем (ТС-1; ТС-2; ТС-6 и т. п.) принятая технология строительства предусматривает наличие в сетевой модели следующих ТО: например, между устройством пионерных траншей и выполнением проектных каналов (ТС-2) или доработкой (левой или правой) русла пионерных траншей до проектных параметров каналов (ТС-6) – 22...30 раб. дн.

Соблюдение указанных перерывов («ожиданий») гарантирует качество строительства открытой сети.

**Природно-климатические ожидания (ПКО)** – это перерывы между работами, которые регламентируются природно-климатическими условиями района и объекта строительства.

Применительно к мелиоративному и водохозяйственному строительству этот вид ожиданий может иметь место в следующих случаях:

– невозможность выполнения работ из-за «распутицы». «Распутица» – это промежуток времени, когда несущая способность грунта не обеспечивает проходимость мелиоративно-строительных машин по объекту – 8...12 раб. дн.;

– невозможность выполнения некоторых видов работ из-за нахождения грунта в мерзлом состоянии (для его разработки требуется специальная технология);

– невозможность выполнения некоторых видов работ из-за высокого положения уровня грунтовых вод на объекте, которое, в свою очередь, негативно сказывается на проходимости и производительности применяемых машин.

**Организационные ожидания (ОО)** – это перерывы между работами, которые регламентируются организационными (производственными) условиями строительства объекта.

К числу таких «ожиданий» можно отнести:

- перерывы между «работами», необходимые для проведения плановых технических обслуживаний и текущих ремонтов машин, запланированных для выполнения работ на объекте;
- перерывы между «работами», необходимые для замены рабочего оборудования машин, выполняющих эти работы.

В сетевых моделях «ожидания» изображаются в виде сплошных стрелок произвольной длины, ориентированных в любом направлении. Над стрелкой указывается вид «ожидания», а под стрелкой – продолжительность перерыва.

**Зависимость** (фиктивные работы) – это обусловленность возможности начала или окончания запланированных работ на объекте какими-либо обстоятельствами.

Зависимости не требуют ни затрат времени, ни затрат ресурсов. В строительном производстве к таким обстоятельствам, обуславливающим возможность начала или окончания «работ», чаще всего относят:

- плановое и высотное расположение рабочих мест, на которых будут выполняться рассматриваемые работы;
- направление движения исполнителей рассматриваемых работ согласно принятой организационной схеме их работы;
- степень зависимости рассматриваемых работ в условиях данного объекта;
- принятые методы организации рассматриваемых работ в условиях данного объекта.

В зависимости от того, какие обстоятельства обуславливают возможность начала или окончания рассматриваемых работ на объекте, можно выделить несколько видов зависимостей.

**Технологические зависимости (ТЗ)** – обуславливают возможность последовательного метода организации зависимых или полузависимых работ, принадлежащих к одной или разным рабочим операциям.

Наличие ТЗ между «работами» обуславливает возможность начала последующей работы только после полного окончания предшествующей. О том, какая из двух работ последующая, а какая предшествующая, необходимо судить на основании принятой организационной схемы работы исполнителей на объекте (планируемая оптимальная очередность выполнения работ).

**Организационные зависимости (ОЗ)** – обуславливают возможность последовательного метода организации зависимых работ, принадлежащих к разным рабочим операциям, но выполняемых одним исполнителем.

Наличие ОЗ между «работами» обуславливает возможность начала каждой последующей работы только после полного окончания предыдущих работ.

**Временные зависимости (ВЗ)** – обуславливают возможность параллельного метода организации полузависимых и независимых работ, принадлежащих к одной или разным рабочим операциям и выполняемых разными исполнителями.

Наличие ВЗ между «работами» обуславливает возможность их одновременного начала или окончания на рассматриваемом объекте.

Таким образом, чтобы определить, какой вид зависимости можно использовать в сетевой модели, необходимо предварительно принять метод организации рассматриваемых работ на объекте. Возможны только два варианта методов организации: последовательный или параллельный. Для того чтобы принять конкретный вариант, необходимо определить, к какой группе по степени зависимости относятся рассматриваемые работы. Всего выделяют три группы работ: «зависимые», «независимые» и «полузависимые».

Выполнение полузависимых работ возможно с использованием как последовательного, так и параллельного метода их организации. Выбор конкретного метода зависит от направления движения исполнителей этих работ:

- если направления совпадают, применяют параллельный метод их организации;
- если направления противоположны, применяют последовательный метод их организации.

В сетевых моделях зависимости изображаются в виде прерывистой стрелки произвольной длины, ориентированной в любом направлении. Над стрелкой указывается вид зависимости.

#### **11.4. Правила и техника построения топологии (структуры) сетевых моделей**

Для разработки и составления топологии (структуры) сетевой модели организации производства работ на объекте необходимо знать:

- а) технологическую последовательность выполнения запланированных работ на каждом рабочем месте объекта;

- б) количество запланированных работ для каждой рабочей операции;
- в) плановое расположение рабочих мест на объекте и схемы планового расположения выемок и отвалов грунта;
- г) организационную схему работы принятых исполнителей работ на объекте;
- д) возможные методы организации выполнения запланированных работ на объекте;
- е) специальные правила построения топологии сетевых моделей.

Далее рассмотрим специальные правила построения топологии сетевых моделей.

**Правило использования ТО** (рис. 11.2). Если на объекте между запланированными работами предусмотрены ТО, то в сетевой модели с их помощью соединяются: начальные события этих работ; конечные события этих работ; начальные и конечные события работ.

Если параллельным методом организуется выполнение независимых работ, то с помощью ТО соединяются только начальные или только конечные события этих работ. Если параллельным методом организуется выполнение полузависимых работ, то с помощью ТО соединяются начальные и конечные события этих работ.

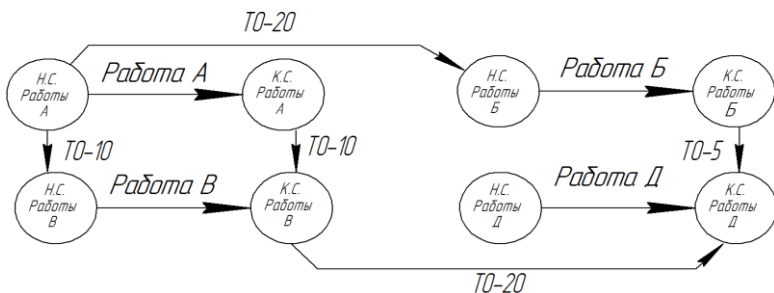


Рис. 11.2. Правило использования ТО

Технологическое ожидание показывает необходимое смещение во времени между началами или окончаниями работ, между которыми предусмотрен технологический перерыв.

**Правило использования ПКО и ОО** (рис. 11.3). Если между запланированными работами на объекте предусмотрены природно-климатические или организационные перерывы, то в сетевых моделях с помощью ПКО и ОО соединяют конечные и начальные события этих работ, между которыми предусмотрены эти перерывы.

**Правило использования ТЗ и ОЗ** (рис. 11.4). Если запланированные работы на объекте необходимо выполнять последовательным методом их организации, то в сетевых моделях с помощью ТЗ или ОЗ соединяют конечные и начальные события работ, которые планируется выполнять этим методом.

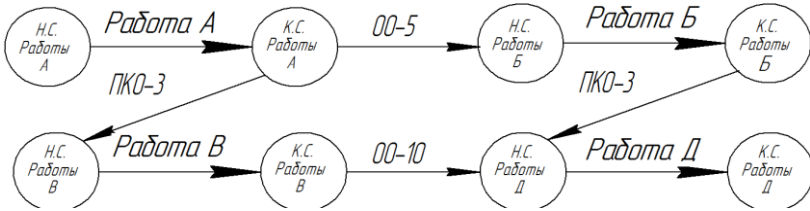


Рис. 11.3. Правило использования ПКО и ОО

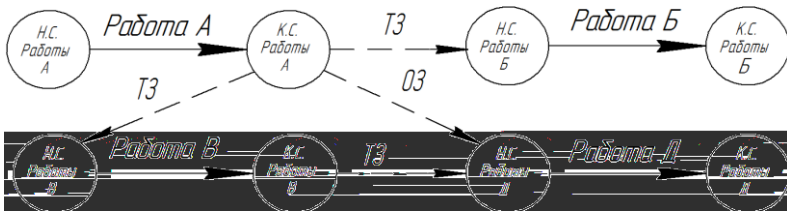


Рис. 11.4. Правило использования ТЗ и ОЗ

**Правило использования ВЗ** (рис. 11.5). Если запланированные работы на объекте необходимо выполнить с использованием параллельного метода их организации, то в сетевых моделях с помощью ВЗ соединяют начальные события этих работ; конечные события этих работ; начальные и конечные события работ.

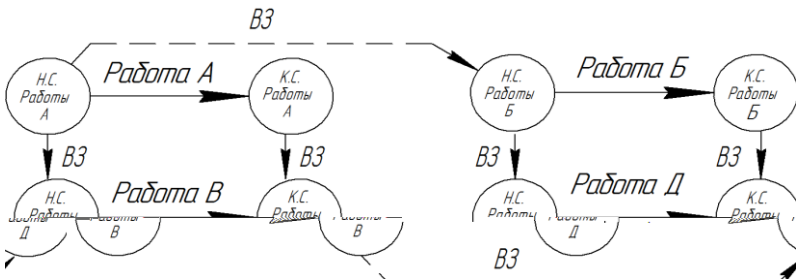


Рис. 11.5. Правило использования ВЗ

Если параллельным методом организуется выполнение независимых работ, то с помощью ВЗ соединяются только начальные или только конечные события этих работ. Если параллельным методом организуется выполнение полузависимых работ, то с помощью ВЗ соединяются начальные и конечные события этих работ.

**Правило недопустимости «циклов»** (рис. 11.6).

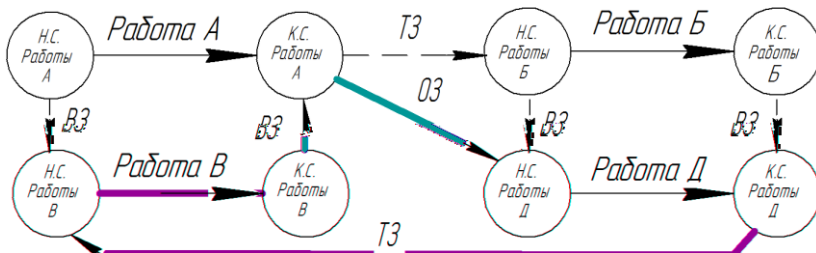


Рис. 11.6. Правило недопустимости «циклов»

**Цикл** – это любая непрерывная последовательность «работ», «ожиданий» и «зависимостей», возвращающаяся в то событие модели, откуда она вышла.

Цикл, который начинается в НС «работы В», проходит через «работу В», затем переходит на ВЗ, соединяющую КС «работы В» с КС «работы А». Затем цикл проходит по ОЗ, соединяющей КС «работы А» с НС «работы Д», проходит по «работе Д» и по ТЗ, соединяющей КС «работы Д» с НС «работы В», т. е. цикл состоит из двух работ (В и Д) и трех «зависимостей», одна из которых возвращает цикл в исходное положение (НС работы В).

Наличие «циклов» свидетельствует о том, что при составлении топологии сетевой модели нарушены технологические последовательности выполнения работ либо нарушены правила использования ТО, ПКО, ОО, ТЗ, ОЗ и ВЗ. Наличие «цикла» делает модель нерасчетной, т. е. у такой модели невозможно определить численное значение временных параметров работ.

**Правило недопустимости «тупиков» и «хвостов»** (рис. 11.7).

**Тупик** – это конечное событие одной из работ модели, не имеющее последующих «ожиданий» и «зависимостей», но не являющееся завершающим событием этой модели (ЗССМ).

**Хвост** – это начальное событие одной из работ модели, не имеющее предшествующих «ожиданий» и «зависимостей», но не являющееся исходным событием этой модели (ИССМ).

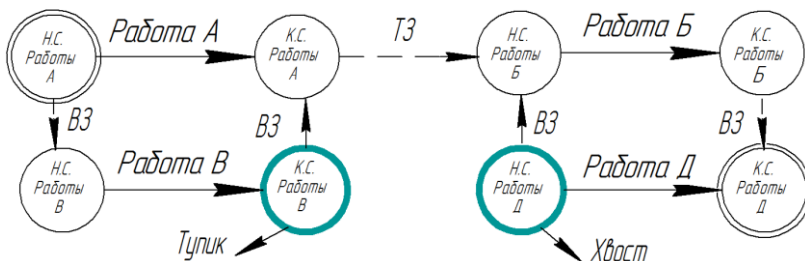


Рис. 11.7. Правило недопущения «тупиков» и «хвостов»

НС «работы А» является исходным событием сетевой модели (ИССМ), а КС «работы Д» – завершающим событием сетевой модели (ЗССМ). КС «работы В» не имеет последующих «ожиданий» и «зависимостей», но оно не является ЗССМ для данной модели. Значит, это и есть «тупик». НС «работы Д» не имеет предшествующих «ожиданий» и «зависимостей», но оно не является ИССМ для данной модели. Значит, это и есть «хвост».

Наличие «тупиков» или «хвостов» свидетельствует о том, что при разработке топологии сетевой модели не учтены и не показаны все существующие «ожидания» или «зависимости» между работами.

Наличие в модели «тупиков» или «хвостов» делает сетевую модель нерасчетной.

**Правило «кодирования» сетевой модели** (рис. 11.8). В сетевой модели каждая «работа», «ожидание» и «зависимость» должны иметь собственный неповторимый код. Код «работы» состоит из номеров его «начального» и «конечного событий». Коды «ожиданий» и «зависимостей» состоят из номеров тех событий, которые они соединяют согласно вышеизложенным правилам. При этом первая цифра кода не может быть больше второй цифры. Следовательно, чтобы установить коды «работ», «ожиданий» и «зависимостей», необходимо правильно пронумеровать все события рассматриваемой модели. Нумерация сетевой модели должна производиться по следующему алгоритму:

- на модели находят и обозначают двойным кружком исходное и завершающее события сетевой модели (ИССМ и ЗССМ);
- нумерация должна производиться от исходного к завершающему событию сетевой модели;
- первый порядковый номер присваивается исходному событию сетевой модели (ИССМ);
- на модели вычеркиваются все стрелки («работы», «ожидания» и «зависимости»), выходящие из пронумерованного события;

– следующий порядковый номер получает то событие модели, в которое входят только вычеркнутые стрелки. Если претендентов на следующий порядковый номер несколько, то их последовательно нумеруют сверху вниз и слева направо;

– последний порядковый номер обязательно должно получить завершающее событие сетевой модели (ЗССМ), он должен быть четным.

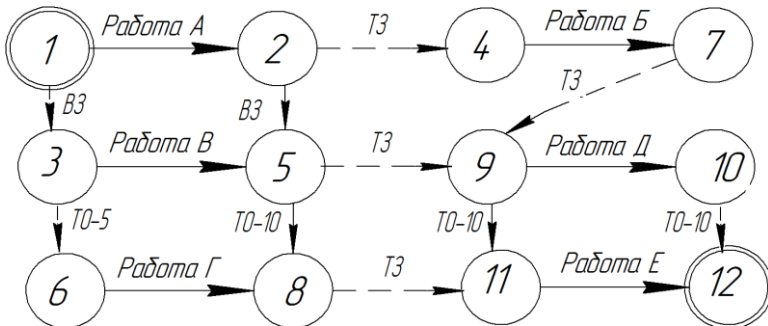


Рис. 11.8. Правило «кодирования» сетевой модели

После «кодирования» у каждой «работы», «ожидания» и «зависимости» появляется свой код. Например, «работа Б» имеет код 4 – 7; «работа Г» – код 6 – 8; «работа Д» – код 9 – 10; технологическое ожидание, соединяющее НС «работ В и Г», имеет код 3 – 6; технологическая зависимость, соединяющая КС «работы Б» и НС «работы Д», имеет код 7 – 9.

Принято, что первая цифра кода обозначается буквой  $i$ , а вторая цифра – буквой  $j$ . Неправильная кодировка сетевой модели делает модель нерасчетной. Кроме того, предлагаемый алгоритм нумерации событий сетевой модели позволяет выявить ранее допущенные ошибки, связанные с нарушением правила недопустимости «циклов» и правила недопустимости «тупиков» и «хвостов».

#### **Техника разработки и составления топологии сетевой модели.**

Разработку топологии сетевой модели удобнее осуществлять в табличной форме. Это позволяет наглядно представить увязку организуемых работ во времени и пространстве. Форма таблицы (табл. 11.1) позволяет соблюдать установленную технологическую последовательность выполнения запланированных рабочих операций на объекте на каждом рабочем месте.

Таблица 11.1. Топология сетевой модели организации производства работ

№ п. п.	Наименование рабочей операции	Исполнители работ на объекте			Модели организации работ на рабочих местах
		Марка	Количество	Номер	

В таблице каждой рабочей операции и каждому исполнителю выделяется отдельная строка.

Техника составления предусматривает приведенную ниже очередность разработки топологии сетевой модели (табл. 11.2).

Таблица 11.2. Пример топологии сетевой модели организации производства работ

№	Название рабочей операции	Исполнители работ на объекте		Номер	Модели организации работ		
		Марка	Кол-во		Канал 1	Канал 2	Канал 3
4	Устройство русел ПК	30-3223	2	№4			
				№5			
5	Разрабатывание отвалов (левая берма)	ДЗ-110	1	№5			
6	Разрабатывание отвалов (правая берма)	ДЗ-110	1	№6			

1. В таблице в соответствующих строках и колонках изображаются все запланированные работы.

2. Над каждой изображенной работой указывается очередность ее выполнения (согласно принятой организационной схеме работы исполнителей на объекте).

3. Под каждой изображенной работой с помощью стрелок показывается предлагаемое направление движения исполнителя при выполнении рассматриваемой работы (согласно принятой организационной схеме работы исполнителей на объекте).

4. Осуществляется горизонтальная увязка организуемых работ во времени и пространстве.

Горизонтальная увязка требует выполнения следующих действий:

- определить, к какой группе относится рассматриваемая работа;
- определить возможный метод организации работ на объекте строительства;
- определить, с помощью каких зависимостей можно обусловливать принятый метод их организации;
- определить правила использования зависимостей.

Например, рабочая операция «Устройство проектных каналов» содержит три работы, но эти работы выполняются двумя исполнителями: ЭО-3223 № 4 и ЭО-3223 № 5. Две работы, выполняемые ЭО-3223 № 5, будут зависимыми, очередность их определена, в сетевой модели изображаем ТЗ<sub>3-5</sub>. ЭО-3223 № 4 выполняет только одну работу. Поэтому на данном объекте эта работа и первая работа, выполняемая ЭО-3223 № 5, относится к группе независимых, для выполнения которых используется параллельный метод их организации. В сетевых моделях этот метод изображается с помощью ВЗ, соединяющих неполные либо конечные события этих работ. В представленном примере это будет ВЗ<sub>1-2</sub>.

Пятую и шестую рабочие операции выполняет один исполнитель (ДЗ-110 № 6). Эти операции содержат пять работ. Горизонтальную увязку этих работ необходимо выполнять совместно. Эти работы относятся к группе зависимых, т. е. для их выполнения необходимо использовать последовательный метод организации. Последовательность их выполнения определена организационной схемой. Работы относятся к разным рабочим операциям, поэтому для горизонтальной увязки их во времени и пространстве необходимо использовать два вида «зависимостей»: ТЗ и ОЗ. В представленном примере работу 1 и работу 2 соединяет с помощью ОЗ<sub>8-9</sub>, работы 2 и 3 – ОЗ<sub>10-11</sub>, работы 3 и 4 – ТЗ<sub>12-13</sub>, работы 4 и 5 – ОЗ<sub>14-15</sub>.

Аналогичным образом осуществляется горизонтальная увязка во времени и пространстве всех остальных работ для каждой запланированной рабочей операции.

5. Осуществляется вертикальная увязка организуемых работ во времени и пространстве.

Вертикальная увязка требует выполнения следующих действий:

- определить, к какой группе относится рассматриваемая работа;
- определить возможный метод организации работ на объекте строительства;
- определить, с помощью каких зависимостей можно обусловливать принятый метод их организации;
- определить правила использования зависимостей.

Например, для канала 1.

Между работами, связанными с устройством проектных русел каналов (рабочая операция № 4), и работами, предусматривающими выравнивание экскаваторных отвалов (рабочие операции № 5 и № 6), технологией предусматривается ТО-2. В сетевой модели это требование гарантируется наличием следующих ТО-2: ТО-2<sub>1-11</sub>, ТО-2<sub>3-12</sub>, ТО-2<sub>2-6</sub>, ТО-2<sub>4-8</sub>, ТО-2<sub>5-13</sub> и ТО-2<sub>7-14</sub> и т. д.

Примечание. Для удобства объяснения техники составления топологии сетевой модели в приведенных примерах горизонтальной и вертикальной увязок работ во времени и в пространстве использовались коды «работ», «ожиданий» и «зависимостей». Реально кодирование сетевой модели возможно только после полного завершения составления топологии этой модели.

### 11.5. Временные параметры сетевых моделей и способы их расчета

Основные временные параметры работ в сетевой модели, позволяющие принимать оперативные управленческие решения в ходе строительства объекта, перечислены ниже.

1. Время раннего начала работ на объекте  $T_{i-j}^{PH}$  или время раннего свершения события сетевой модели  $T_{i-j}^{PC}$ .

2. Время позднего окончания работ на объекте  $T_{i-j}^{NO}$  или время позднего свершения события сетевой модели  $T_{i-j}^{NC}$ .

3. Полный резерв времени работы  $R_{i-j}^N$  – количество рабочего времени, на которое можно увеличить расчетную продолжительность работы ( $t_{i-j}$ ) или сместить ее время раннего начала  $T_{i-j}^{PH}$ , не изменяя при этом расчетной продолжительности строительства объекта.

4. Свободный резерв времени работы  $R_{i-j}^{c,p}$  – количество рабочего времени, на которое можно увеличить расчетную продолжительность работы ( $t_{i-j}$ ) или сместить ее время раннего начала  $T_{i-j}^{PH}$ , не изменяя при этом времени раннего начала всех последующих работ.

5. Свободный резерв времени работы  $R_{i-j}^{c,n}$  – количество рабочего времени, на которое можно увеличить расчетную продолжительность работы ( $t_{i-j}$ ) или сместить ее время позднего начала  $T_{i-j}^{PN}$ , не изменяя при этом времени позднего начала всех последующих работ.

6. Потенциал события  $T_i^N$  – величина, которая показывает, сколько рабочего времени остается от момента свершения рассматриваемого события до окончания строительства объекта.

7. Продолжительность «критического» пути сетевой модели ( $L_{кр}$ ) – это максимальная суммарная продолжительность «работ» и «ожиданий», лежащих на полном пути от исходного до завершающего события сетевой модели.

Полный путь – это любая непрерывная последовательность «работ», «ожиданий» и «зависимостей» от ИССМ до ЗССМ. У любой сетевой модели множество полных путей. Каждый из них характеризуется своей длиной, т. е. суммарной продолжительностью «работ» и «ожиданий», лежащих на этом пути («зависимости» не имеют продолжительности). Самый длинный – полный путь, называется критическим. Длина критического пути определяет расчетную продолжительность строительства объекта.

Помимо временных параметров работ сетевых моделей возможно рассчитать временные параметры самих сетевых моделей. К числу этих параметров относятся:

1. Коэффициент сложности модели:

$$K_c = (N_p + N_o + N_z) / N_c,$$

где  $N_p$  – количество работ в модели;

$N_o$  – количество ожиданий всех видов в модели;

$N_z$  – количество зависимостей всех видов;

$N_c$  – количество событий сетевой модели.

Если коэффициент меньше двух, то такая модель называется несложной, а если больше – сложной.

2.  $L_{кр}$  – длина критического пути – самый длинный по протяженности путь от исходного до завершающего события сетевой модели. Определяется на основании расчета и принимается равной расчетной продолжительности строительства.

3. НКП (направления критического пути) – это последовательное перемещение тех событий сетевой модели (от исходного до завершающего), через которые проходит критический путь. В сетевой модели может быть несколько НКП.

4.  $T_{p.oi}^{\min}$ ,  $T_{p.oi}^{\max}$  – минимальная и максимальная расчетная продолжительность выполнения  $i$ -й рабочей операции на объекте. Эти величины определяют минимально возможную и максимально возможную расчетную продолжительность любой рабочей операции, не влияющей на длину критического пути сетевой модели.

5.  $R_{p.oi}$  – резерв времени  $i$ -й рабочей операции на объекте.

$$R_{p.oi} = T_{p.oi}^{\max} - T_{p.oi}^{\min} \geq 0.$$

6.  $T_{p.on}^{\min}$ ,  $T_{p.on}^{\max}$  – минимальная и максимальная расчетная продолжительность работы  $i$ -й машины на объекте строительства (независимо

от того, какие рабочие операции выполняет эта машина), это минимально возможная и максимально возможная расчетная продолжительность работ рассматриваемой машины на объекте, не влияющая на длину пути сетевой модели.

7.  $R_{p.n}$  – резерв времени работы  $i$ -й машины на объекте.

$$R_{p.n} = T_{p.n}^{\max} - T_{p.n}^{\min} \geq 0.$$

8.  $T_{p.j}^{\min}$ ,  $T_{p.j}^{\max}$  – минимальная и максимальная расчетная продолжительность рабочего процесса на  $i$ -м рабочем месте объекта, это минимально возможная и максимально возможная расчетная продолжительность рассматриваемого рабочего процесса, не влияющая на длину критического пути сетевой модели.

9.  $R_{p.j}$  – резерв времени  $i$ -го рабочего процесса.

$$R_{p.j} = T_{p.j}^{\max} - T_{p.j}^{\min} \geq 0.$$

В зависимости от коэффициента сложности в сетевых моделях применяют два основных способа расчета временных параметров. Для несложных моделей рекомендуется использовать ручной (секторный) способ расчета параметров.

Для этого способа принята следующая система расчета записи результата расчета (рис. 11.9).

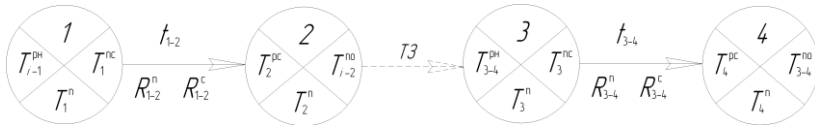


Рис. 11.9. Форма записи результатов при секторном способе расчета временных параметров сетевой модели

Каждое событие сетевой модели делится на четыре сектора:

- в левом секторе записывается  $T_{i-j}^{PH}$  или  $T_i^{PC}$ ;
- в правом секторе записывается  $T_{i-j}^{NO}$  или  $T_i^{NC}$ ;
- в нижнем секторе записывается  $T_i^N$  над стрелкой, изображающей работу, и ее расчетная продолжительность ( $t_{i-j}$ ) согласно варианту  $B_i$  (исходные данные).

Если работу на объекте выполняет несколько машин, то ее расчетная продолжительность на каждом участке определяется путем деле-

ния расчетной продолжительности работы по варианту В<sub>i</sub> на число машин. Это касается только работ, принадлежащих к рабочим операциям, выполнение которых запланировано за пределами данного объекта (рабочие операции № 5 и № 6);

– под стрелкой, изображающей работу, через точку с запятой записывается  $R_{i;j}^n$  и  $R_{i;j}^c$ .

**Алгоритм расчета секторным способом.** Для расчета временных параметров составленная топология сетевой модели должна быть представлена в форме таблицы (табл. 11.3). События должны быть вычерчены в увеличенном размере, позволяющем разделить их на четыре сектора. В модели должны быть выделены ИССМ и ЗССМ. В верхнем секторе каждого события необходимо записать его номер согласно выполненной кодировке. Над каждой стрелкой, изображающей «работу», необходимо записать ее расчетную продолжительность ( $t_{i-j}$ ).

Все «ожидания» в сетевой модели должны иметь продолжительность согласно приведенным выше рекомендациям.

Первый шаг алгоритма – определение величин  $T_{i-j}^{PH}$  или  $T_i^{PC}$ , которые записывают в левый сектор каждого события. Расчет производится от ИССМ к ЗССМ в порядке возрастания номеров события. В левом секторе первого события (ИССМ) записывается «ноль». Для последующих событий (в очередности 2, 3, 4, 5 и т. д.) значение  $T_{i-j}^{PH}$  или  $T_i^{PC}$ , вычисляется по формуле

$$T_{i-j}^{PH} (T_i^{PC}) = \max \left\{ T_{h-i}^{PH} (T_h^{PC}) + t_{h-i} \right\}$$

Например (табл. 11.3):

$$1) T_{3-5}^{PH} (T_3^{PC}) = \max \left\{ T_{1-3}^{PH} (T_1^{PC}) + t_{1-3} \right\} = 0 + 12 = 12;$$

$$2) T_{13-14}^{PH} (T_{13}^{PC}) = \max \left\{ \begin{array}{l} T_{5-13}^{PH} (T_5^{PC}) + t_{5-13} \\ T_{12-13}^{PH} (T_{12}^{PC}) + t_{12-13} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 12 + 10 = 22 \\ 38 + 0 = 38 \end{array} \right\} = 38.$$

Необходимо учитывать, что все виды «зависимостей» имеют нулевую продолжительность, но обязательно должны учитываться при расчете временных параметров работ.

В результате расчета в левом секторе события 16 (ЗССМ) записывается  $T_{16}^{PC} = 49$  раб. дн. Это планируемая расчетная продолжительность строительства объекта в рабочих днях.



Контроль правильности расчета:

– в правом секторе события 1 (ИССМ) обязательно должно получиться нулевое значение:  $T_1^{pc} = 0$ .

– для любого события сетевой модели значение правого сектора не может быть меньше значения левого сектора:  $T_i^{pc} \geq T_i^{pc}$ .

Третий шаг алгоритма – расчет величин  $T_i^n$ , которые записываются в нижний сектор каждого события. Расчет производится от ЗССМ к ИССМ в порядке убывания номеров событий (в очередности 16, 15, 14 и т. д. до 1). Потенциал ЗССМ принимается равным нулю, т. е.  $T_{16}^n = 0$ .

Для расчета необходимо использовать следующую формулу:

$$T_i^n = \max \{ T_j^n + t_{i-j} \}$$

Например (см. табл. 11.3):

$$1) T_{15}^n = \max \{ T_{16}^n + t_{15-16} \} = \max \{ 0 + 6 = 6 \} = 6 \text{ раб. дн.};$$

$$2) T_5^n = \max \left\{ \begin{array}{l} T_7^n + t_{5-7} \\ T_{13}^n + t_{5-13} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 16 + 8 = 24 \\ 11 + 10 = 21 \end{array} \right\} = 24 \text{ раб. дн.}$$

Контроль правильности расчета:

– потенциал ИССМ должен равняться планируемой расчетной продолжительности строительства, т. е.

$$T_{\text{иссм}}^n = T_{\text{зссм}}^{pc} = T_{\text{зссм}}^{nc}.$$

В приведенном примере

$$T_1^n = T_{16}^{pc} = T_{16}^{nc} = 49 \text{ раб. дн.}$$

Четвертый шаг алгоритма – расчет величин полного резерва времени «работ» и «ожиданий» сетевой модели. Расчет производится в любой последовательности, при этом необходимо использовать формулу

$$R_{i-j}^n = T_{i-j}^{no} (T_j^{nc}) - T_{i-j}^{ph} (T_i^{pc}) - t_{i-j}.$$

Например (см. табл. 11.3):

$$R_{11-12}^n = T_{11-12}^{no} (T_{12}^{nc}) - T_{11-12}^{ph} (T_{11}^{pc}) - t_{11-12} = 38 - 30 - 8 = 0.$$

Контроль правильности расчета:

– значение  $R_{i-j}^n$  не может быть отрицательным, т. е.  $R_{i-j}^n \geq 0$ .

Пятый шаг алгоритма – расчет величин свободного резерва времени «работ» и «ожиданий» сетевой модели. Расчет производится в любой последовательности, при этом необходимо использовать формулу

$$R_{i-j}^c = T_{j-k}^{PH} (T_j^{PC}) - T_{i-j}^{PH} (T_i^{PC}) - t_{i-j};$$

$$R_{i-j}^{c.n} = T_{j-k}^{PH} (T_j^{PC}) - T_{i-j}^{PH} (T_i^{PC}) - t_{i-j}.$$

Например (см. табл. 11.3):

$$R_{13-14}^c = T_{14-15}^{PH} (T_{14}^{PC}) - T_{13-14}^{PH} (T_{13}^{PC}) - t_{13-14} = 43 - 38 - 5 = 0;$$

$$R_{13-14}^{c.n} = T_{14-15}^{PH} (T_{14}^{PC}) - T_{13-14}^{PH} (T_{13}^{PC}) - t_{13-14} = 43 - 38 - 5 = 0.$$

Контроль правильности расчета:

– значение  $R_{i-j}^c$  не может быть отрицательным, т. е.  $R_{i-j}^c \geq 0$ ;

– значение  $R_{i-j}^c$  не может быть больше значения  $R_{i-j}^n$ , т. е.

$$R_{i-j}^c \leq R_{i-j}^n.$$

После приведенных расчетов величин временных параметров на сетевой модели выделяют (утолщенными линиями) все «работы» и «ожидания», у которых оба резерва времени равны нулю, т. е.  $R_{i-j}^n = R_{i-j}^c = 0$ . Эти работы на данном объекте являются главными (критическими), которые требуют первоочередного внимания от производителя работ.

Чтобы определить направление «критического» пути сетевой модели, необходимо выделить те «зависимости», которые соединяют конечные и начальные события выделенных главных (критических) работ. В приведенном примере критический путь сетевой модели проходит через следующие события:

$$НКП = 1 - 2 - 4 - 8 - 9 - 10 - 11 - 12 - 13 - 14 - 15 - 16;$$

$$L_{кр} = 14 + 10 + 6 + 8 + 5 + 6 = 49 \text{ раб. дн.}$$

Временные параметры сетевой модели с коэффициентом сложности больше двух рекомендуется рассчитать табличным способом с помощью компьютерной программы.



Шаг 4. В ячейку «Планируемое начало строительства» вносят дату, месяц и год начала строительства объекта.

Шаг 5. В ячейку «Справочник праздничных дней» вносят даты и месяцы всех праздничных дней планируемого года строительства объекта. Для этого используется производственный календарь того года, в котором осуществляется строительство объекта. Выходные дни (субботы и воскресенья) вносить не надо, так как они учитываются автоматически.

Шаг 6. Заполняют колонки 1, 2 и 4 таблицы. Используя топологию (структуру) сетевой модели, в колонки 1 и 2 заносят коды  $i$  и  $j$  всех «работ», «ожиданий» и «зависимостей», которые входят в топологию сетевой модели, а в колонку 4 одновременно заносят численные значения расчетных продолжительностей работ ( $t_{i-j}$ ), планируемых продолжительностей «ожиданий» (для «зависимостей» всех видов в колонку 4 заносит 0). При заполнении колонок 1 и 2 необходимо строго придерживаться следующего правила: **заполнение колонок необходимо производить в порядке возрастания номеров событий сетевой модели.**

Начинать необходимо с события с первым порядковым номером. Заносят все «работы», «ожидания» и «зависимости», которые выходят из события № 1 (колонка 1). В колонку 2 заносят номера событий, в которые входят эти «работы», «ожидания» и «зависимости», при этом в первую очередь заносят те события, которые имеют меньший порядковый номер. Например: 1–2; 1–3; 1–11. Затем то же самое выполнить для события № 2 (колонка 1), т. е. 2–4; 2–6; 2–9. Таким образом, необходимо заполнить колонки 1, 2 и 4 для всех «работ», «ожиданий» и «зависимостей», которые включены в топологию модели.

Шаг 7. В правом верхнем углу таблицы необходимо нажать клавиши «Ранние сроки», «Поздние сроки», «Резервы времени» и «Календарные сроки».

При нажатии клавиш «Ранние сроки» и «Календарные сроки» в колонках 3 и 5 появляются величины таких временных параметров, как  $T_{i-j}^{PH}$  и  $T_{i-j}^{PO}$ , а в колонках 12 и 13 – календарные сроки выполнения запланированных работ на объекте (начало и окончание).

При нажатии клавиш «Поздние сроки» и «Календарные сроки» в колонках 6 и 8 появляются величины таких временных параметров, как  $T_{i-j}^{PH}$  и  $T_{i-j}^{PO}$ , а в колонках 14 и 15 – календарные сроки выполнения запланированных работ на объекте (начало и окончание), соответствующие поздним срокам их выполнения.



Шаг 10. Определяется и записывается направление критического пути сетевой модели. Используя данные колонки 11, последовательно выписывают коды критических «работ», «ожиданий» и существенных «зависимостей»:

$$\text{НКП} = 1 - 2 - 4 - 8 - 9 - 10 - 11 - 12 - 13 - 14 - 15 - 16;$$

$$L_{\text{кр}} = 14 + 10 + 6 + 8 + 5 + 6 = 49 \text{ раб. дн.}$$

Полученный вариант критического пути необходимо сравнить с длиной пути, полученного при расчете секторным способом, они должны быть одинаковые.

Результаты расчета временных параметров являются исходными данными для построения календарного плана производства работ на объекте.

На основании проведенных расчетов определяем расчетную продолжительность рабочих операций на объекте. Для этого необходимо знать:

- коды работ, принадлежащие к рассматриваемым рабочим операциям;
- величины временных параметров этих работ (время раннего начала, время раннего окончания, время позднего окончания (см. табл. 11.5)).

Расчет производится по следующему алгоритму:

Шаг 1. В рассматриваемой рабочей операции выбираем минимальное раннее начало работ, принадлежащих к этой операции, и помечаем соответствующим знаком.

Шаг 2. Выбираем максимальное раннее окончание из рассматриваемых работ и тоже их помечаем.

Шаг 3. Минимально возможная расчетная продолжительность рассматриваемой рабочей операции будет равна разности раннего окончания и раннего начала работ.

Шаг 4. Для найденных работ находим максимальное значение позднего окончания.

Шаг 5. Определяем максимально возможную продолжительность рабочих операций.

Шаг 6. Находим максимальную продолжительность. Для этого находим разницу между минимальным и максимальным значениями.

Шаг 7. Определяем полный резерв времени рабочих операций.

Результаты расчетов представлены в табл. 11.6.

Далее определяем расчетные продолжительности запроектированных сооружений на объекте (т. е. каналов).

Для этого необходимо знать:

- коды работ, которые необходимо выполнить, чтобы построить каждый канал;
- временные параметры.

Таблица 11.6. **Определение расчетной продолжительности рабочих операций**

№ п. п.	Наименование рабочих операций	Коды работ		Временные параметры			Продолжительность работ		
		<i>i</i>	<i>j</i>	$T_{i-j}^{PH}$	$T_{i-j}^{PO}$	$T_i^{PO}$	$T_i^{min}$	$T_i^{max}$	$R_i^P$
4	Устройство русел	1	3	<b>0</b>	12	25	20	33	13
		2	4	0	14	14			
		5	7	12	<b>20</b>	<b>33</b>			
5	Разравнивание отвалов ПК (левая берма)	6	8	<b>10</b>	16	24	33	33	0
		11	12	30	38	38			
		13	14	38	<b>43</b>	<b>43</b>			
6	Разравнивание отвалов ПК (правая берма)	9	10	<b>24</b>	30	30	25	25	0
		15	16	43	<b>49</b>	<b>49</b>			

Расчет продолжительности строительства каналов ведем по аналогичному алгоритму, представленному выше.

Результаты расчета заносим в табл. 11.7.

Таблица 11.7. **Расчет продолжительность рабочих процессов**

№ п. п.	Наименование сооружений объекта	Коды работ		Временные параметры			Продолжительность работ		
		<i>i</i>	<i>j</i>	$T_{i-j}^{PH}$	$T_{i-j}^{PO}$	$T_i^{PH}$	$T_i^{min}$	$T_i^{max}$	$R_i^P$
1	Канал 1	1	3	<b>0</b>	12	25	49	49	0
		11	12	30	38	38			
		15	16	43	<b>49</b>	<b>49</b>			
2	Канал 2	2	4	<b>0</b>	14	14	30	30	0
		6	8	10	16	24			
		9	10	24	<b>30</b>	<b>30</b>			
3	Канал 3	5	7	<b>12</b>	20	33	31	31	0
		13	14	38	<b>43</b>	<b>43</b>			

Возможно также определить расчетную продолжительность работы на объекте каждого комплекта машин. Принцип расчета такой же, как представлен выше.

### **11.6. Методы и способы корректировки сетевых моделей по времени**

**Корректировка по времени.** Рекомендуется первоначально корректировать сети по критерию «время», а затем по отдельным видам

ресурсов. Корректировка по времени имеет цель сократить общую продолжительность работ, т. е. длину критического и других путей до величины, обеспечивающей ввод объектов в заданные сроки.

Корректировка предполагает только критические «работы» объекта и те «ожидания», которые лежат на критическом пути, т. е. «работы» и «ожидания», у которых оба резерва равны нулю.

Для корректировки применяются разные методы:

1) корректировка по времени без изменения топологии сетевой модели.

Для данного метода можно применять следующие способы:

– увеличение (если это возможно) коэффициента сменности работы машин, выполняющих критические «работы» на объекте. Это способ позволяет корректировать расчетную продолжительность выполнения работ на объекте;

– использование для выполнения критических «работ» на объекте более высокопроизводительных машин;

– сокращение до минимума продолжительности технологических «ожиданий», которые лежат на критическом пути.

Если способы первого метода не дают ожидаемого результата, то необходимо использовать второй метод;

2) корректировка по времени с частичным изменением топологии сетевой модели.

Для данного метода можно применять следующие способы:

– перенесение ранее принятых границ участков работы тех машин, которые на объекте выполняют критические «работы»;

– пересмотр ранее принятой очередности выполнения критических «работ» на объекте. Планировать первую очередность выполнения критических «работ» на объекте, а потом всех остальных для каждого машинокомплекта;

– пересмотр ранее принятых направлений движения машин, выполняющих критические «работы» на объекте, если это возможно и даже если они не будут оптимальны.

Если способы и второго метода не дают ожидаемого результата, то необходимо использовать третий метод;

3) корректировка по времени с полным изменением топологии сетевой модели.

Для данного метода можно применять следующие способы:

– привлечение для выполнения критических «работ» на объект дополнительных машин, не предусмотренных расчетов;

– изменение технологии строительства объекта за счет исключения некоторых рабочих операций (если это возможно).

## **12. КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА МЕЛИОРАТИВНЫХ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

### **12.1. Цель и задачи календарного планирования**

*Цель календарного планирования* – разработка и построение календарного плана производства работ (КППР).

Календарный план производства работ – это проектный документ, устанавливающий технологическую последовательность и определяющий конкретные сроки выполнения работ на объекте строительства.

КППР может разрабатываться в двух вариантах:

- КППР по ранним срокам их выполнения на объекте. Его обозначают КППР № 1;
- КППР по поздним срокам их выполнения на объекте. Его обозначают КППР № 2.

Исходными данными для составления КППР служат:

- планируемая календарная дата начала строительства рассматриваемого объекта;
- результаты расчета временных параметров работ на объекте строительства;
- организационная схема работы машинокомплекта на объекте.

Календарное планирование предусматривает решение следующих задач:

- построение календарного плана производства работ на объекте;
- построение графиков поставок основных видов ресурсов на объект строительства, удовлетворяющих требованию КППР;
- анализ графиков поставок ресурсов на объект строительства;
- корректировка КППР по тем видам ресурсов, для которых анализ результатов оказался неудовлетворительным.

### **12.2. Техника и алгоритм построения календарного плана производства работ**

Рекомендуется следующий алгоритм составления КППР:

Шаг 1. Составляется календарная линейка КППР. Календарная линейка – это специальная шкала, позволяющая увязать известные временные параметры работ сетевой модели с конкретными календарными датами планируемой расчетной продолжительности строительства объекта. Шкала календарной линейки содержит пять строк (рис. 12.1).

Заполнение календарной линейки, если известен год строительства, начинают со строки 4. В этой строке в выбранном масштабе времени

откладывают все рабочие дни строительства рассматриваемого объекта (от 1 до  $L_{кр}$ ). Зная календарную дату первого рабочего дня и используя календарь текущего года строительства, в строку 5 записывают календарные даты каждого рабочего дня (исключая праздничные и выходные дни). Одновременно в строках 3 и 2 отмечают границы рабочих недель и границы месяцев года строительства.

1	Год строительства	2020											
2	Месяцы	Апрель											
3	Рабочие недели	1					2						
4	Рабочие дни	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	$L_{кр}$	
5	Календарные даты	6	7	8	9	10	13	14	15	16	...	$D_{кx}$	

Рис. 12.1. Форма календарной линейки

Шаг 2. Под календарной линейкой вычерчивают таблицу специальной формы, в которой будет составляться КППР. У каждой рабочей операции и у каждой принятой машины должна быть выделена отдельная строка. Исключение составляют рабочие операции, выполнение которых запланировано за границами данного объекта. Для этих операций отдельные строки для машин с разными номерами не выделяются.

Шаг 3. Построение КППР всегда начинают с первой рабочей операции (рис. 12.2). Для этого на сетевом графике производства работ находят начальные и конечные события первой работы. События изображают в виде круга на поле КППР в рассматриваемой строке в соответствии с цифрой. Так как это первая работа на объекте, событие 1 изображают в начале первого рабочего дня. В этой же строке изображают событие, номер события, также в соответствии с цифрой, записанной в левом секторе, но размещают его в конце рабочего дня.

1	Год строительства	2020											
2	Месяцы	апрель											
3	Рабочие недели	1					2						
4	Рабочие дни	1	2	3	4	5	6	7	...	$L_{кр}$			
5	Календарные даты	6	7	8	9	10	13	14	...	$D_{кx}$			
№ раб. опер.	Наименование рабочих операций	Машины			Поле календарного плана производства работ								
		Марки	Количество	№									
1													
2													
3													
...													

Рис. 12.2. Календарный план производства работ

Нанесенные события соединяют между собой прямой горизонтальной линией, над которой записывается номер ТЭ, где эта работа будет выполняться. Аналогичным образом на поле КППР наносят начальное и конечное событие второй работы, затем третьей и четвертой работы и их тоже соединяют прямой горизонтальной линией. Если это зависимые работы и их конечные и начальные события соединены ТЗ или ОЗ, то значения левого сектора конечного события предшествующей работы может быть равным значению левого сектора начального события последующей работы. Это означает, что эти события совмещены во времени. В КППР совмещенные события изображаются двойным кругом, внутри которого в виде дроби записываются их номера. Таким образом, показав в первой строке все события всех работ всех рабочих операций и соединив их прямыми линиями, мы получаем календарный план производства работ первой рабочей операции. Используя строку 5 календарной линейки, мы можем установить календарные даты начала и окончания каждой из этих работ и рабочей операции в целом.

Аналогичным образом производится построение КППР для всех остальных рабочих операций. В результате получаем календарный план производства работ на объекте.

Шаг 4. На КППР переносят те «зависимости» сетевой модели, которые определили место положение на поле КППР начальных событий первых работ для каждой рабочей операции. Так как местоположение каждого события определяется цифрой, записанной в левом секторе, то необходимо найти те «зависимости», которые определили численное значение левых секторов этих событий (на КППР эти «зависимости» должны быть вертикальными).

Шаг 5. На КППР выделяются критические (главные) «работы» на объекте, т. е. те работы, у которых  $R_{i-j}^n = R_{i-j}^c = 0$ .

Шаг 6. Под КППР вычерчивается шкала временных интервалов. Временные интервалы – это отрезки рабочего времени, на которые разбивается планируемая расчетная продолжительность строительства в соответствии с принятым вариантом организации производства работ на объекте. Временные интервалы отличаются друг от друга продолжительностью; количеством выполняемых работ; количеством рабочих и необходимых ресурсов. Шкала временных интервалов состоит из пяти строк (рис. 12.3).

Заполнение строк шкалы временных интервалов производится в следующем порядке:

– все события КППР сносят вертикально вниз на шкалу, образуя границы временных интервалов;

- полученные интервалы нумеруют от 1 до  $n$  (строка 1);
- по строке 4 календарной линейки определяют продолжительность каждого временного интервала и заполняют строку 2;
- для каждого интервала по КППР определяют количество работ в интервале (строка 3), количество рабочих (строка 4) и количество машин (строка 5).

4	Разравнивание отвалов (левая берма)	ДЗ-110	1	№ 6					
1	Номера временных интервалов				1	2	3	...	$n$
2	Продолжительность интервалов ( $t_i$ ), раб. дн.				$t_1$	$t_2$	$t_3$	...	$t_n$
3	Количество «работ» в интервале								
4	Количество рабочих								
5	Количество машин								

Рис. 12.3. Шкала временных интервалов

Для заполнения строк 3, 4, 5 необходимо на КППР найти и подсчитать количество горизонтальных линий, соединяющих нанесенные события. Зная, сколько рабочих должно выполнять каждую из найденных работ (согласно норме численности), определяют общее количество рабочих для рассматриваемого интервала. Зная, какие из найденных работ являются механизированными, определяют количество машин для рассматриваемого интервала.

После построения календарного плана работ делают выводы:

- полученное количество временных интервалов;
- номер временного интервала и календарные даты его границ, в которых необходимо выполнить максимальное количество работ;
- номер интервала, в котором требуется максимальное количество рабочих на объекте, и календарные даты границ этих интервалов;
- номер интервала, в котором требуется максимальное количество машин, и календарные даты границ этих интервалов.

### 12.3. Алгоритм построения графика поставок рабочей силы на объект строительства и его анализ

На основании КППР строят график поставки на объект строительства трудовых ресурсов (рабочей силы). График строят в прямоугольной системе координат (рис. 12.4). По оси абсцисс откладывают строки 1 и 2 шкалы временных интервалов и строки 4 и 5 календарной линейки. По оси ординат – количество рабочих, которые должны участвовать в строительстве данного объекта.

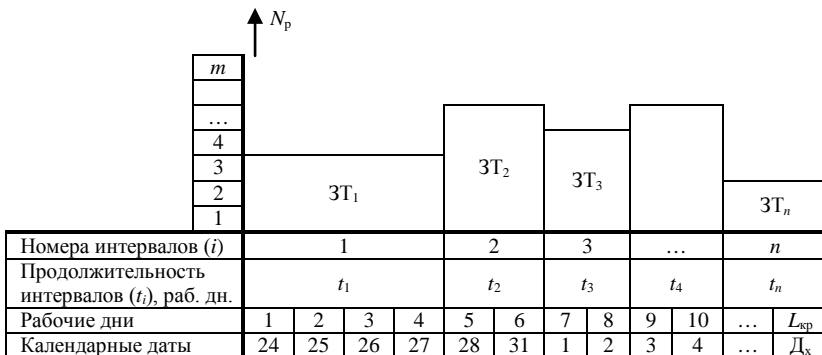


Рис. 12.4. Форма графика поставки трудовых ресурсов на объект строительства

Построение графика осуществляется в следующем порядке:

- в каждом временном интервале с помощью прямой линии, соединяющей границы рассматриваемого интервала, показывают необходимое количество рабочих, обеспечивающих выполнение всех запланированных работ в этом интервале;

- для каждого временного интервала рассчитывают его планируемую трудоемкость (чел.-ч) по формуле

$$ЗТ_i = N_{p_i} t_i t_{см},$$

где *i* – номер временного интервала;

*N<sub>p<sub>i</sub></sub>* – количество рабочих в *i*-м интервале, чел.;

*t<sub>i</sub>* – продолжительность *i*-го интервала, раб. дн.;

*t<sub>см</sub>* – установленная продолжительность рабочей смены (*t<sub>см</sub>* = 8 ч).

Полученные значения *ЗТ<sub>i</sub>* записываются на графике в соответствующем интервале:

- определяют суммарную планируемую трудоемкость строительства объекта по формуле

$$\sum ЗТ_{стр} = \sum_{i=1}^n ЗТ_i,$$

где *i* = 1, ..., *n* – количество временных интервалов в КППР;

- определяют среднесписочное количество рабочих (чел.), которые должны участвовать в строительстве данного объекта, по формуле

$$N_{сп} = \frac{\sum ЗТ_{стр}}{\sum_{i=1}^n t_i}.$$

Значение  $N_{\text{сп}}$  наносится на график поставки трудовых ресурсов в виде прямой линии, параллельной оси абсцисс;

– определяют коэффициент неравномерности использования трудовых ресурсов на объекте по формуле

$$K_n = \frac{N_p^{\max}}{N_{\text{сп}}},$$

где  $N_p^{\max}$  – максимальная ордината графика поставок трудовых ресурсов, чел.;

– сравнивают фактическое значение коэффициента с нормативным. Нормативный коэффициент зависит от вида строительного производства и от вида ресурса, для которого рассчитывается. Для строительства он равен 1,61.

Если  $K_n^{\text{ф}} > K_n^{\text{н}}$ , это значит, что КППР необходимо откорректировать по трудовым ресурсам, используя специальные методы.

#### 12.4. Алгоритм построения графика поставок машин на объект строительства и его анализ

На основании КППР строится график поставки машин на объект строительства. График строят в прямоугольной системе координат (рис. 12.5). По оси абсцисс откладывают строки 1 и 2 шкалы временных интервалов и строки 4 и 5 календарной линейки. На левой ординате указывают марки и номера машин, которые будут участвовать в строительстве данного объекта. На правой ординате записывают показатели использования каждой машины в условиях данного объекта.

ДЗ-99-1-4	№ 11													
...	...													
ДЗ-110	№ 3													
ДЗ-110	№ 2													
Номера интервалов ( $i$ )		1	2	3	4	$n$					$T_n$ , раб. дн.	$T_p$ , раб. дн.	$K_n$	
Продолжительность интервалов ( $t_i$ ), раб. дн.		$t_1$	$t_2$	$t_3$	...	$t_n$								
Рабочие дни		1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	$L_{\text{кр}}$		
Календарные даты											...	$D_k$		

Рис. 12.5. Форма графика поставки машин на объект строительства

В графике каждой машине (включая рабочие операции 5 и 6) выделяется отдельная строка. Построение графика осуществляется в следующем порядке:

– для рассматриваемой машины на КППР находят начальные события первой работы, которую эта машина будет выполнять на объекте (независимо от номера рабочей операции). Это событие в виде круга изображают в соответствующей строке графика на начальной границе временного интервала, с которого начинается выполнение этой работы. Внутри круга записывается номер этого события;

– для этой же машины находят конечное событие последней работы и также изображают его в рассматриваемой строке на границе необходимого интервала и нумеруют;

– полученные события соединяют горизонтальной сплошной линией;

– вычисляют время нахождения машины на объекте ( $T_n$ ), для этого суммируют продолжительности тех временных интервалов, через которые проходит эта линия. Полученный результат записывают в левую графу правой ординаты графика;

– по сетевой модели определяют расчетную продолжительность работы рассматриваемой машины на данном объекте ( $T_p$ ). Для этого суммируют расчетные продолжительности всех работ, которые на данном объекте выполняет рассматриваемая машина. Полученный результат записывают в среднюю графу правой ординаты графика. Необходимо иметь в виду, что при правильном построении величина  $T_n \geq T_p$ ;

– вычисляют коэффициент использования рабочего времени машины ( $K_v$ ). Для этого значение  $T_p$  делят на  $T_n$  и результат записывают в правую графу правой ординаты графика. Необходимо иметь в виду, что  $K_v \leq 1,0$ .

Для этой же машины определяют время ее работы на объекте согласно карточке-определителю.

Аналогичным образом осуществляют построение этого графика для всех остальных машин, которые будут работать на объекте. Полученные расчеты сводят в табл. 12.1.

Таблица 12.1. Оценка эффективности использования машин на объекте

№ п. п.	Машины		Нахождение машин на объекте			Работа машин на объекте				К <sub>в</sub>
						Коды работ		$t_{i-j}$	$T_p$	
	Марка	Номер	№ начала события	№ конца события	$T_n$	$i$	$j$			

Аналогичным образом осуществляют построение этого графика для всех остальных машин, которые будут работать на объекте.

На основании этого графика производим оценку эффективности использования машин на данном объекте. Для этого для каждой машины определяем время ее нахождения на объекте путем вычитания от значения левого сектора последнего события значения левого сектора первого события.

На основании построенного графика составляют таблицу календарных сроков поставок машин на объект строительства (табл. 12.2).

Таблица 12.2. Календарные сроки поставок машин на объект строительства

№ п. п.	Марки машины	Номера машин	Календарные сроки поставки					
			Дата прибытия машины на объект			Дата убытия машины с объекта		
			число	месяц	год	число	месяц	год
1	ДЗ-110	№ 2						
...	...	...						
15	ДЗ-99-1-4	№ 11						

В конце необходимо сделать вывод об эффективности использования комплекта машин на объекте строительства. Машин, у которых  $K_B > 0,5$ , на объекте используются эффективно.

### 12.5. Алгоритм построения графика поставок ТСМ на объект строительства и его анализ

На основании КППР строится график поставки ТСМ на объект строительства, обеспечивающий выполнение запланированных работ в установленные календарные сроки при условии, что будут четко соблюдаться календарные сроки поставок машин на объект строительства (рис. 12.6).

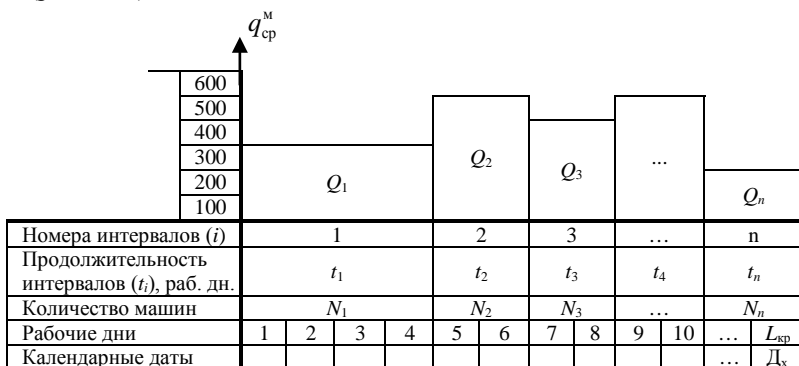


Рис. 12.6. Форма графика поставки ТСМ на объект строительства

График строят в прямоугольной системе координат. По оси абсцисс откладываются строки 1, 2 и 5 шкалы временных интервалов и строки 4 и 5 верхней шкалы календарной линейки. По оси ординат откладывается среднесуточная потребность машин в ТСМ ( $q_{\text{ср}}^{\text{м}}$ , кг/раб. дн.).

Построение графика необходимо выполнять, начиная с определения среднесуточной (среднедневной) потребности каждой машины в ТСМ за период нахождения ее на объекте. Расчет производится в табличной форме 12.3.

Таблица 12.3. Расчет среднесуточной потребности машин в ТСМ

Марки машин	Номера машин	Время нахождения на объекте $T_{\text{н}}$ , раб. дн.	Время работы на объекте			$N_{\text{ТСМ}}^{\text{ч}}$ , кг/ч	$Q_{\text{м}}$ , Г	$q_{\text{ср}}^{\text{м}}$ , кг/раб. дн.
			$T_{\text{р}}$ , раб. дн.	$K_{\text{см}}$	$t_{\text{р}}$ , ч			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ДЗ-109	№ 2							
ДЗ-109	№ 3							
ЭО-4121	№ 4							
...	...							
ДЗ-99-1-4	№ 11							
Всего по объекту							$\Sigma$	

В табл. 12.3 приняты следующие условные обозначения:

$T_{\text{н}}$  – время нахождения машины на объекте (см. график поставки машин), раб. дн.;

$T_{\text{р}}$  – время работы машины на объекте (см. график поставки машин), раб. дн.;

$K_{\text{см}}$  – коэффициент сменности работы машин ( $K_{\text{см}} = 1,0$ );

$t_{\text{р}}$  – время работы машины на объекте, ч;

$N_{\text{ТСМ}}^{\text{ч}}$  – часовая норма расхода ТСМ машин, кг/ч;

$Q_{\text{м}}$  – общая потребность машины в ТСМ для выполнения всех запланированных работ, кг;

$q_{\text{ср}}^{\text{м}}$  – среднесуточная потребность машины в ТСМ за период нахождения машины на объекте, кг/раб. дн.

Время работы машины на объекте вычисляется по формуле

$$t_{\text{р}} = T_{\text{р}} K_{\text{см}} t_{\text{см}}$$

Общая потребность машины в ТСМ определяется по формуле

$$Q = t_{\text{р}} N_{\text{ТСМ}}^{\text{ч}}$$

Среднесуточная потребность машины в ТСМ рассчитывается по формуле

$$q_{\text{ср}}^{\text{м}} = \frac{Q}{T_{\text{н}}}.$$

Суммарная общая потребность всех машин в ТСМ ( $\sum Q_{\text{м}}$ ) определяется как сумма графы 8 табл. 12.3. Построение графика (см. рис. 12.6) осуществляется в следующем порядке:

- для каждого временного интервала определяют среднесуточную потребность в ТСМ для всех машин (число указано в строке 3 рис. 12.6), которые будут выполнять запланированные работы в этом интервале ( $q_{\text{ср } i}$ ). Марки машин известны, поэтому эта потребность определяется как сумма  $q_{\text{ср}}$  этих машин из табл. 12.3;

- полученные значения  $q_{\text{ср } i}$  наносят на график в виде горизонтальной прямой линии, соединяющей границы рассматриваемого интервала;

- определяют потребность каждого интервала в ТСМ (кг) по формуле

$$Q_i = q_{\text{ср } i} t_i;$$

- определяют суммарную потребность строительства в ТМС (кг) по формуле

$$\sum Q_{\text{стр}} = \sum_{i=1}^n Q_i,$$

где  $i = 1 \dots n$  – количество временных интервалов.

Суммарная общая потребность в ТСМ ( $\sum Q_{\text{стр}}$ ) должна равняться суммарной общей потребности всех машин, работающих на объекте ( $\sum Q_{\text{м}}$ );

- рассчитывают среднесуточную потребность строительства в ТСМ (кг/раб. дн.) по формуле

$$q_{\text{ср}}^{\text{стр}} = \frac{\sum Q_{\text{стр}}}{\sum_{i=1}^n t_i}.$$

Полученные значения  $q_{\text{ср}}^{\text{стр}}$  наносят на график поставки ТСМ в виде сплошной линии, параллельной оси абсцисс;

- вычисляют коэффициент неравномерности потребления строительством ТСМ по формуле

$$K_{\text{н}} = \frac{q_{\text{ср}}^{\text{м max}}}{q_{\text{ср}}^{\text{стр}}},$$

где  $q_{\text{ср}}^{\text{м}} \max$  – максимальная ордината графика поставки ТСМ на объект строительства (см. рис. 12.6);

– сравнивают фактическое значение коэффициента с нормативным. Нормативный коэффициент зависит от вида строительного производства и от вида ресурса, для которого рассчитывается. Для строительства он равен 1,42.

Если  $K_{\text{н}}^{\text{ф}} > K_{\text{н}}^{\text{н}}$ , это значит, что КППР необходимо откорректировать по топливу, используя специальные методы.

## 12.6. Методы корректировки календарных планов производства работ по ресурсам

В тех случаях, когда анализ постоянных графиков показывает, что значение коэффициента неравномерности превышает значение приведенных норм, необходимо выполнить корректировку КППР по этому виду ресурсов.

Для корректировки ресурсов используют два метода:

1) корректировка за счет сокращения продолжительности строительства.

Алгоритм первого метода:

– определить среднедневную потребность строительства в ресурсах:

$$q_{\text{ср}}^{\text{стр. тр}} = q_{\text{ср}}^{\text{max}} / K_{\text{н}}^{\text{н}};$$

– определить, на сколько нужно сократить расчетную продолжительность строительства:

$$\Delta T = T_{\text{стр}} - T_{\text{стр}}^{\text{тр}},$$

где  $T_{\text{стр}}^{\text{тр}}$  – расчетная продолжительность строительства по КППР;

– используя методы и способы корректировки по времени, сократить расчетную продолжительность на найденную величину  $\Delta T$ ;

2) корректировка по ресурсам за счет сокращения максимальной потребности строительства в данном виде ресурса.

Алгоритм второго метода:

– определить максимальную потребность строительства в данном виде ресурса:

$$q_{\text{ст}}^{\text{max}} = K_{\text{н}}^{\text{н}} q_{\text{ст}}^{\text{стр}};$$

– найти те интервалы, у которых  $q_{\text{ст} i} > q_{\text{ст}}^{\text{max}}$ ;

- для найденных интервалов выписать все некритические работы;
- из найденных работ выбрать те, у которых значения  $R_{i-j}^n \geq t$ ;
- для найденных работ в КППР предусмотреть организационное ожидание, продолжительность которого равно продолжительности найденного интервала.

## **13. ОРГАНИЗАЦИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В МЕЛИОРАТИВНОМ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

### **13.1. Инвестиционный процесс в строительстве, его этапы и их характеристика**

Проектирование, подготовка и строительство объектов различного назначения называется инвестиционным процессом. В основе этого процесса лежит идея заказчика осуществить возведение здания или сооружения пригодного для жилья, производства или другой социально-общественной функции.

Организация инвестиционного процесса предусматривает его поэтапное осуществление силами заинтересованных участников строительства данного здания или сооружения. Основными этапами любого инвестиционного процесса являются:

1. Возникновение идеи строительства объекта, обоснование хозяйственной необходимости и экономической целесообразности этого строительства, выбор источника финансирования.
2. Выбор участка под строительство и получение разрешения на стройку.
3. Выбор проектной фирмы и заключение проектного контракта.
4. Проектирование и разработка проектно-сметной документации на строительство.
5. Утверждение проекта заказчиком.
6. Организационно-техническая подготовка строительства.
7. Подготовка и организация подрядных торгов, выбор генподрядчика.
8. Подготовка и заключение строительного контракта.
9. Подготовка генподрядчика к строительству с момента заключения контракта.
10. Строительство объекта.
11. Приемка объекта заказчиком.

Хозяйственные взаимосвязи участников проектирования и строительства решаются на основе контрактов (договоров). Заказчик заключает такие соглашения с генеральной проектной организацией на разработку всей технической документации и с генеральной строительной организацией на выполнение всего комплекса запроектированных работ на данном объекте.

Связи заказчика с генпроектировщиком и генподрядчиком регламентируются: Правилами о договорах подряда на выполнение проектных и изыскательских работ и Правилами заключения и исполнения договоров (контрактов) строительного подряда. До заключения договоров строительного подряда заказчик должен иметь следующие документы:

1. Документ, удостоверяющий право на земельный участок.
2. Решение местного исполнительного и распорядительного органа о строительстве объекта.
3. Проектно-сметная документация, прошедшая согласования, экспертизу и утверждения.
4. Протокол о проведении подрядных торгов (тендеров).

*В мелиорации и водном хозяйстве в инвестиционном процессе выделяют следующие этапы:*

1. Выбор объекта строительства (реконструкции или ремонта).
2. Выбор проектной организации и заключение проектного контракта.
3. Проектирование.
4. Утверждение проекта заказчиком.
5. Организационно-техническая подготовка строительства.
6. Выбор подрядной строительной организации на основании подрядных торгов.
7. Подготовка и заключение строительного контракта.
8. Подготовка к строительству с момента заключения строительного контракта.
9. Строительство объекта (реконструкция или ремонт).
10. Приемка объекта в эксплуатацию.

Выбор объекта строительства (реконструкции или ремонта) на первом этапе инвестиционного процесса осуществляется в следующем порядке:

– Министерство финансов, Министерство экономики и Белводхоз устанавливают лимит средств на планируемый год в целом по республике и в разрезе областей по видам работ (строительство, реконструкция, ремонтно-строительные работы, агромелиоративные мероприятия, эксплуатационные работы), в том числе по кварталам;

– на основании установленного лимита по областям заказчиком совместно с областными предприятиями мелиоративных систем, комитетами по сельскому хозяйству и продовольствию облисполкомов разрабатываются планы выполнения мелиоративных работ по кварталам, которые утверждаются Белводхозом;

– на основании областных планов заказчиком совместно с районными управлениями сельского хозяйства и продовольствия разрабатываются районные планы выполнения мелиоративных работ, которые утверждаются заказчиком и райисполкомом;

– под выделенные лимиты на область и район производится подбор объектов строительства, реконструкции или ремонта. При выборе объектов реконструкции в первую очередь учитывается: потенциальное плодородие земель, техническое состояние объекта, эффективность вкладываемых средств, достижение обоснованных показателей сельскохозяйственного производства. Выбор объектов ремонта и агро-мелиоративных мероприятий осуществляется службами заказчика и районными комиссиями, а по реконструкции – областными комиссиями на основе бизнес-планов, разрабатываемых районными управлениями сельского хозяйства и продовольствия;

– на основе подобранных объектов реконструкции заказчиком разрабатывается Перечень строек на планируемый период и с соответствующим обоснованием представляется в Министерство экономики для рассмотрения и дальнейшего включения в Государственную инвестиционную программу. На основании подобранных объектов ремонта и агро-мелиоративных мероприятий заказчиком составляется перечень работ, который утверждается заказчиком и райисполкомом. Перечень объектов реконструкции и ремонта является основанием для проведения тендерных торгов по выбору проектной организации.

### **13.2. Участники инвестиционных процессов и их функциональные обязанности**

Успешное осуществление всех этапов инвестиционного процесса зависит от скоординированности действий его участников.

Основными участниками инвестиционного процесса в строительстве, как правило, являются:

– **заказчик** – любое юридическое или физическое лицо, заинтересованное в строительстве данного объекта. В областях, городах и районах создается служба единого заказчика, которая, являясь юридическим лицом, выступает как заказчик при строительстве жилых домов,

объектов социально-культурной сферы и коммунального хозяйства на территории данной области, города, района. Служба единого заказчика реализует инвестиционные программы за счет средств, поступающих из бюджета, а также средств юридических или физических лиц, выступающих в строительстве как долевые участники;

– **генпроектировщик** – постоянно действующая проектная организация, которая обязуется разработать полный комплект технической документации по данному объекту. Для разработки некоторых разделов технической документации (инженерные изыскания, противопожарная автоматика, связь, энергоснабжение, подъездные пути и дороги и пр.) генпроектировщик привлекает специализированные проектные и изыскательские организации (субподрядные проектные организации) на основании заключенных проектных контрактов. По каждому проектируемому объекту генпроектировщик назначает главного инженера (архитектора) проекта (ГИП, ГАП);

– **генподрядчик** – постоянно действующая строительная организация любой формы собственности, которая обязуется предоставить готовый объект заказчику, но при этом, как правило, своими силами на объекте выполняет только общестроительные работы (подготовка основания, устройство фундаментов, стен, перегородок, кровли, штукатурные работы, заполнение оконных и дверных проемов, настил полов). Для начинки зданий инженерным и технологическим оборудованием генподрядчик приглашает на правах субподряда специализированные строительные организации. Кроме вышеперечисленных основных участников строительства в реализации инвестиционных проектов могут принимать участие и другие;

– **инвестор** – банки и инвестиционные фонды, которые, при необходимости, являются кредиторами заказчика или непосредственно участвуют в реализации строительных проектов на выгодных для себя условиях. Инвестор (вкладчик) – юридическое или физическое лицо, осуществляющее долгосрочное вложение капитала в экономику (проект) в целях получения прибыли на вложенный капитал;

– **девелопер** – разновидность инвестора, т. е. лицо, вкладывающее средства в развитие городских или пригородных земель (освоение земель, прокладка инженерных коммуникаций и дорог) с последующей продажей застроенных или незастроенных участков;

– **застройщик** – юридическое или физическое лицо, официально заявившее о намерении осуществить строительство определенного объекта недвижимости и получившее на это разрешение. Застройщик осуществляет строительство объекта собственными силами или с при-

влечением подрядчиков, а по окончании строительства принимает объект в эксплуатацию и регистрирует право собственности на него в местном органе власти. Он может сам выполнять функции заказчика или привлечь на роль заказчика специализированную организацию;

– **страховщик** – страховые организации любой формы собственности, осуществляющие страхование риска финансовых операций между заказчиком и банком или инвестиционным фондом (инвестором).

*В мелиоративном и водохозяйственном строительстве основными участниками инвестиционного процесса являются:*

**государственный заказчик** – Министерство сельского хозяйства и продовольствия в лице Департамента по мелиорации и водному хозяйству;

**заказчик** – Белорусский государственный концерн по строительству и эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных систем (при выполнении работ за счет республиканского бюджета), концерн «Бел-мелиоводхоз»;

**генеральные и подрядные организации** – областные и районные коммунальные унитарные предприятия мелиоративных систем;

**генпроектировщик** – Белгипроводхоз и его дочерние областные подразделения.

### 13.3. Организация подрядных торгов (тендеров)

Заключению строительного контракта предшествуют торги (тендеры), на которых происходит выбор одного из нескольких подрядчиков, изъявивших желание участвовать в торгах на получение строительного заказа.

**Подрядные торги** – форма размещения заказов на строительство объектов, когда выбор подрядчика для выполнения строительных работ происходит на основе конкурса. Для проведения торгов должна быть проработана процедура квалифицированного отбора претендентов, структура цены объекта, сроки приемки тендерных предложений (оферт) и выбор победителя.

Каждый подрядчик, изъявивший желание участвовать в торгах, перед их началом получает обобщенные предложения заказчика, в которых указаны:

- а) исходные данные по стоимости контракта;
- б) предельная продолжительность строительства;
- в) технические и организационные требования при выполнении работ.

В организации подрядных торгов, как правило, принимают участие:

- заказчик;
- организатор торгов;
- тендерный комитет;
- претенденты;
- оференты.

**Организатор торгов** должен иметь статус юридического лица и лицензию на право проведения торгов. Он готовит необходимые документы, публикует в официальной печати объявления о проведении торгов и рассылает приглашения к участию в торгах всем заинтересованным организациям. Кроме того, организатор торгов формирует тендерный комитет и собирает оферты (тендерные предложения).

**Тендерный комитет**, составленный из представителей заказчика, организатора торгов и экспертов, собирает заявки претендентов на участие в торгах, оформляет документы на проведение подрядных торгов, разрабатывает тендерную документацию и рассылает ее претендентам, определяет победителя торгов. Одним из важнейших разделов тендерной документации является проект контракта между заказчиком (инвестором) и победителем торгов. В проекте контракта обязательно указываются:

- стартовая цена строительства;
- сроки строительства;
- порядок расчетов и платежей;
- обязательства сторон;
- сведения о производстве и приемке работ.

**Претендент** – строительные организации (фирмы), выразившие согласие участвовать и торгах на условиях, объявленных их организатором, и подавшие заявку в письменном виде.

**Оферент** – претенденты, которые, изучив полученную тендерную документацию, высылают в адрес организатора торгов оферту (тендерное предложение) с согласием участвовать в торгах на изложенных заказчиком условиях. Оференты перечисляют на счет организатора торгов залоговую сумму в процентах от стартовой цены строительства.

### **13.4. Способы строительства объектов, их характеристика и условия применения**

В зависимости от того какие участники строительства будут реализовывать инвестиционный проект и каков характер их договорных отношений, в строительном производстве применяют следующие способы строительства объектов.

**Хозяйственный способ** – предусматривает выполнение всех запланированных работ на объекте силами заказчика (инвестора) без привлечения подрядчика и заключения договора строительного подряда.

В этом случае заказчик (инвестор) совмещает функции застройщика и подрядчика. Такой способ допускается, если стоимость строительства составляет менее 70 000 минимальных заработных плат. Для строительства этим способом необходимо создавать коллективы строителей и собственную производственную базу, а по окончании работ коллективы расформируются и база ликвидируется. Не являясь для заказчика (инвестора застройщика) основной деятельностью, строительство хозяйственным способом не создает условий для совершенствования технологии и организации работ.

Этим способом ведут работы отделы (управления) капитального строительства (ОКС или УКС) государственных, кооперативных, коммунальных предприятий и организаций.

Недостатками данного способа являются:

- широкое применение неквалифицированной рабочей силы;
- большой удельный вес ручных работ, низкий уровень механизации строительства;
- низкие значения всех экономических показателей, таких как: производительность, трудоемкость, энергоемкость.

Достоинством хозяйственного способа является большая оперативность в управлении, весьма необходимая при выполнении текущих ремонтно-строительных работ в условиях эксплуатируемого объекта (текущий и эксплуатационный ремонт, замена оборудования, частичная реконструкция). Данный способ рекомендуется применять:

- при реконструкции и техническом перевооружении действующих производств;
- при выполнении ремонтно-строительных работ;
- при строительстве подсобных объектов (склады, гаражи, мастерские);
- в жилищном строительстве при строительстве жилых домов усадебного типа.

**Подрядный способ** предусматривает, что все работы ведутся специализированными строительными организациями на основе строительного контракта, заключаемого между заказчиком и подрядчиком. Этот способ является обязательным, если стоимость работ составляет более 70 000 минимальных заработных плат.

Достоинствами подрядного способа строительства являются следующие:

- строительные организации имеют постоянные квалифицированные кадры рабочих и инженерно-технических работников;
- строительные организации имеют развитую материально-техническую базу;
- в строительных организациях созданы все необходимые условия для повышения квалификации и культурного уровня работников;
- наличие парка современных строительных машин и механизмов на балансе строительных организаций;
- наличие в структуре строительных организаций специальных подразделений, отвечающих за эффективное использование техники;
- применение современных технологий и методов организации работ.

Подрядный способ, как наиболее прогрессивный, является преобладающим в строительстве, им охвачено более 90 % строительных работ.

### **13.5. Строительные контракты (договоры подряда) и их содержание**

Взаимоотношения заказчика и генподрядчика регламентируются Правилами о договорах подряда. До заключения договора подряда (строительного контракта) заказчик должен иметь следующие документы:

1. Документ, удостоверяющий право на земельный участок. Отвод земельных участков производится на основании решений районного или городского исполнительного и распорядительного органа. Государственный акт на право пользоваться землей выдается после установления землеустроителями границ этого участка на местности. Заказчик должен предоставить копию акта об отводе участка и установить его границы на местности.

2. Решение местного исполнительного и распорядительного органа на строительство объекта (выдается одновременно с решением вопроса о выделении участка).

3. Проектно-сметная документация, прошедшая согласования, экспертизу и утверждение.

4. Протокол о проведении подрядных торгов.

В строительном контракте обязательно фиксируются следующие положения:

- наименования договаривающихся сторон и их реквизиты;
- предмет договора (наименование и месторасположение объекта строительства, назначение и основные проектные параметры);
- сроки (месяц и год) начала и завершения строительства;

- договорная (контрактная) цена объекта;
- порядок расчетов за выполненные работы;
- источники финансирования;
- права и обязанности заказчика и подрядчика;
- форс-мажорные обстоятельства и ответственность сторон. Форс-мажорные обстоятельства (обстоятельства непреодолимой силы): наводнения, пожары, землетрясения, техногенные катастрофы и т. п. При наличии таких обстоятельств ни одна из сторон не несет ответственности за полное или частичное неисполнение своих обязательств.

По ходу строительства договорная цена может быть изменена по следующим причинам:

- внесение изменений в проект, влекущих увеличение или уменьшение объемов работ;
- изменение законодательства о налогообложении, тарифах и сборах, включенных в состав договорной цены;
- инфляционные процессы.

*Строительный контракт предусматривает следующий перечень обязательств заказчика:*

- предоставить подрядчику по акту документацию на строительство;
- предоставить подрядчику участок для строительства не позднее чем за 5 дней до начала работ;
- передать подрядчику технологическое оборудование и инвентарь согласно графику их поставки;
- приобрести и доставить на объект материалы, изделия и оборудование;
- создать геодезическую разбивочную основу для строительства;
- обеспечить непрерывное финансирование объекта и своевременный расчет за выполненные работы;
- предоставить в пятидневный срок, после запроса подрядчика, разрешение эксплуатирующей организации на подключение и подсоединение к инженерным сетям;
- осуществлять технический надзор и контроль за качеством выполняемых работ.

*Строительный контракт предусматривает следующий перечень прав заказчика:*

- посещать стройку в течение всего периода строительства и знакомиться с ходом выполнения работ;
- требовать от подрядчика информацию о ходе строительства, о намечаемых конкретных датах ввода объекта в эксплуатацию;
- знакомиться, по ходу строительства, с документами, подтверждающими фактическую стоимость строительства;

– требовать от подрядчика устранения дефектов и недоделок, выявленных в ходе строительства и в период гарантийного срока эксплуатации объекта.

*Строительный контракт предусматривает следующий перечень обязанностей подрядчика:*

– осуществлять строительство объекта в соответствии с утвержденной проектной и нормативно-технической документацией;

– обеспечить качество работ и оформление необходимой исполнительной документации;

– обеспечить поставку на объект необходимых конструкций, материалов, изделий, оборудования;

– устранить выявленные дефекты и недостатки;

– при строительстве объектов жилья обеспечить для службы технического надзора заказчика и будущих жильцов презентации материалов, оборудования и видов работ, предусмотренных для применения при возведении зданий;

– осуществлять уборку помещений до сдачи объекта заказчику;

– сдать заказчику законченный объект в сроки, предусмотренные контрактом;

– обеспечивать сохранность конструкций, материалов, изделий и оборудования, находящихся на строительной площадке;

– хранить все документы, подтверждающие все затраты по выполнению работ;

– передать заказчику после окончания строительства схемы расположения и каталоги координат и высот геодезических знаков.

*Строительный контракт предусматривает следующий перечень прав подрядчика:*

– принимать необходимые меры по устранению обстоятельств, препятствующих надлежащему исполнению договора подряда;

– выполнять дополнительные работы, не учтенные в проектной документации, сообщив об этом заказчику;

– назначать своих представителей для оформления актов на выполненные работы.

Строительным контрактом предусматриваются следующие меры имущественной ответственности сторон:

– штраф – за неисполнение условий договора;

– пеня – за несоблюдение сроков выполнения работ;

– неустойка – за ненадлежащее выполнение условий договора.

В тексте строительного контракта также могут быть отражены вопросы, связанные со страхованием рисков.

### 13.6. Подготовка строительного производства, ее виды и их содержание

Организацию строительного производства можно разделить на два периода:

- период подготовки к строительству;
- период основных работ.

Эти периоды отличаются специфическими методами и взаимоотношениями участников строительства и документацией. В осуществлении любого инвестиционного процесса участвуют десятки различных предприятий и организаций различных форм собственности, имеющих свои критерии и показатели, не всегда совпадающие с целями генподрядчика. Без предварительно продуманного и взаимоувязанного плана действий нельзя рассчитывать на успешное руководство строительством. При этом, рассматривая организацию строительного производства как совокупность стадий подготовки и реализации, следует подчеркнуть, что ведущая роль принадлежит опережающей, планомерной и квалифицированной подготовке. От качества подготовки к строительству прежде всего зависит возможность его осуществления в установленные сроки с высокими показателями.

Подготовка к строительному производству предусматривается этапами инвестиционного процесса и состоит из двух частей:

1. Общая организационно-техническая подготовка (выполняется до начала работ на стройплощадке).

2. Подготовка к строительству объекта (выполняются внеплощадочные и внутриплощадочные работы, связанные с освоением и организацией строительной площадки и примыкающей к ней территории).

Общая организационно-техническая подготовка проводится заказчиком и предшествует работам подготовительного периода. Сроки ее выполнения не регламентируются нормами продолжительности строительства. Сроки и перечень мероприятий этой подготовки определяются директивными органами, принимающими решения о строительстве.

Обязательными мероприятиями этой подготовки являются:

- а) отвод участка земель под строительство в натуре;
- б) переселение лиц и организаций с территорий строительства;
- в) открытие финансирования;
- г) заключение договоров подряда и субподряда;
- д) решение об использовании дорог, сетей, источников энергоресурсов, связи и обеспечение бытовыми помещениями для нужд строительства;

- е) размещение заказов на оборудование;
- ж) получение разрешения на подготовительные работы;
- з) организация поставок оборудования, конструкций, материалов и изделий.

Подготовку к строительству объекта проводит генподрядчик. Сроки ее выполнения регламентируются нормами продолжительности строительства (подготовительный период). Основными мероприятиями этой подготовки являются:

- а) сдача опорной геодезической сети;
- б) освобождение строительной площадки (расчистка, снос строений);
- в) инженерная подготовка территории: вертикальная планировка, перекладка коммуникаций;
- г) устройство складского хозяйства;
- д) устройство временных зданий, дорог, сетей и источников энергоснабжения;
- е) строительство постоянных зданий и сооружений для нужд строительства;
- ж) получение лицензий на выполнение лицензируемых работ на объекте;
- з) аттестация специалистов, отвечающих за производство работ (главный инженер, прораб, мастера);
- и) получение и проверка в установленном порядке проектной документации;
- к) разработка проекта производства работ;
- л) разработка мероприятий по организации труда и обеспечение строительных бригад технологическими картами;
- м) организация инструментального хозяйства для обеспечения бригад необходимыми средствами малой механизации, инструментом, средствами измерения и контроля;
- н) оборудование площадок и стендов укрупнительной сборки конструкций;
- о) создание необходимых запасов строительных конструкций, изделий, материалов;
- п) поставка или перебазировка на рабочие места строительных машин и передвижных механизированных установок;
- р) разработка мероприятий по снижению энерго- и материалоемкости производства, уменьшению отходов и потерь.

## 14. ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА В МЕЛИОРАТИВНОМ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

### 14.1. Цель и задачи организации труда в строительстве

Организация труда решает задачи на урегулировании рабочих приемов и рабочих операций.

**Цель организации труда** – повышение производительности труда и снижение трудоемкости строительства.

*Все задачи организации труда делятся на четыре группы:*

– **экономические задачи** – решение этих задач предусматривает повышение производительности труда и снижение трудоемкости за счет рационального использования всех элементов труда;

– **социальные задачи** – за счет создания нормальных условий для рабочих на объекте строительства;

– **специальные задачи** – за счет создания в рабочих коллективах нормального морально-психологического климата;

– **организационные задачи** – за счет повышения производительной и технологической дисциплины рабочих на объекте строительства.

К числу основных задач четвертой группы относятся:

– нормирование и тарификация труда рабочих на объектах строительства;

– выбор форм организации труда в условиях объектов;

– формирование производственных коллективов рабочих в зависимости от выбранной формы организации труда;

– тарификация работ и рабочих;

– выбор формы оплаты труда рабочих и способы распределения их заработка;

– организация и комплектация рабочих мест на объектах строительства.

### 14.2. Тарификация работ и рабочих в строительстве

Тарифицировать работу – это значит определить ее разряд.

Разряды работы определяются на основании требований ТКС – тарифно-квалификационного справочника в зависимости от следующих условий:

– наименование рабочих операций или работы;

– количество трудовых приемов, из которых состоит рабочая операция;

– количество предметов труда, использованных при выполнении данной работы;

- используемые орудия труда;
- условия выполнения труда.

В строительном производстве любого вида работы делятся на восемь разрядов.

I и II разряды – неквалифицированные работы.

III...VI разряды – массовые работы.

VII и VIII разряды – высококвалифицированные работы, для выполнения которых планируется использовать очень сложную высокопроизводительную технику.

Тарифицировать рабочего на объекте строительства означает определить его профессию, специальность и квалификацию в зависимости от того, какую работу он будет выполнять.

**Профессия** – это род трудовой деятельности человека, владеющего комплексом специальных знаний и практических навыков, приобретенных в результате специальной подготовки.

В рамках любой профессии работники делятся по специальностям.

**Специальность** – отдельная отрасль производства или техники, в рамках которых человек осуществляет свою профессиональную деятельность.

Степень овладения работником знаний и умений по данной специальности характеризуется его квалификацией.

Квалификация рабочих определяется разрядами I...VIII.

Профессию, специальность и квалификацию работника определяют на основании требований Единого тарифно-квалификационного справочника (ЕТКС).

Единый тарифно-квалификационный справочник для каждой профессии, для каждой специальности, для каждой квалификации приводит два уровня:

- должен знать;
- должен уметь.

Первый уровень включает в себя перечень теоретических вопросов.

Второй уровень содержит перечень практических работ, которые испытуемый должен уметь выполнить в заданные сроки на положительную оценку и с надлежащим качеством.

В состав строительной организации для тарификации рабочего входит: главный инженер, председатель комиссии, представитель профсоюза, прораб участка, на котором работает испытуемый, и минимум два рабочих соответствующей профессии и специальности, имеющие высшую квалификацию, по которой тарифицируется испытуемый.

В мелиоративном строительстве при сдельной форме оплаты труда заработная плата рабочих зависит от квалификации работника.

### 14.3. Формы организации труда в строительстве, их характеристика и условия применения

В зависимости от того какие работы выполняются на объекте и в каких условиях, в строительстве применяют три основные формы организации труда:

– **индивидуальная** – эта форма предусматривает, что первичная продукция может быть получена в результате работы одного рабочего, имеющего соответствующую профессию, специальность и квалификацию. Эта форма применяется при следующих условиях:

- а) при выполнении работы используется один предмет труда;
- б) работа состоит не более чем из пяти рабочих процессов;

– **звеньевая** – эта форма предусматривает, что первичную продукцию можно получить только в результате согласованной работы в коллективе рабочих, который называется звеном. Звено объединяет рабочих одной профессии, одной специальности, но разной квалификации. Численность звена – от двух до пяти человек. Эта форма применяется при следующих условиях:

- а) количество использованных предметов труда – 2...3;
- б) работа должна содержать от 5 до 10 рабочих приемов;

– **бригадная** – эта форма предусматривается, что первичная продукция получается в результате согласованной работы в коллективе рабочих. В строительстве применяют два вида бригад:

а) специализированные бригады, объединяют рабочих одной профессии, но разных специальностей и разных квалификаций. Численность таких бригад – 5...10 человек;

б) комплексные бригады, объединяют рабочих разных профессий, разных специальностей и разных квалификаций. Численность таких бригад – 5...40 человек.

Эта форма применяется при следующих условиях:

- а) количество использованных предметов труда – более трех;
- б) работа содержит более 10 рабочих приемов.

У бригад руководитель – бригадир; если бригадира назначила администрация, то бригадир не освобождается от основной работы по профессии, а за руководство бригадой ему назначается доплата, размер которой определяет администрация, обычно 2...3 % от того, что бригада заработала за месяц.

Если количественный состав бригады превышает 10 человек, то бригадира может выбрать коллектив бригады путем голосования. В этом случае бригадир освобождается от основной профессии и занимается только руководством работы бригады и за свою работу получает заработную плату, размер которой назначает бригада.

#### 14.4. Принципы организации заработной платы и их характеристика

В мелиоративном строительстве применяется две основные формы оплаты труда рабочих:

– *повременная форма оплаты труда* – предусматривает, что рабочий получает заработную плату в соответствии со своей квалификацией в зависимости от количества отработанного времени и не зависимо от того, какой объем работы он выполнил за это время.

На эту форму целесообразно переводить тех рабочих, результаты труда которых невозможно оценить либо оценка является нецелесообразной;

– *сдельная форма оплаты труда* – при этой форме заработная плата рабочих определяется количеством или объемом выполнения работы.

Независимо от формы оплаты труда рабочих – повременная либо сдельная – организация заработной платы предусматривает использование следующих принципов:

– размер заработной платы должен быть прямо пропорционален количеству затраченного труда;

– размер заработной платы должен быть прямо пропорционален результатам труда работника;

– заработная плата работников при прочих равных условиях должна обязательно зависеть от квалификации рабочих;

– заработная плата работника по своему росту ни в коем случае не должна превышать роста его производительности труда.

В основу организации заработной платы в любом государстве положена так называемая тарифная система.

В Республике Беларусь в основу тарифной системы положены следующие элементы:

– тарифная ставка ( $T_{ст}$ ) часовая или месячная – размер тарифной ставки устанавливается решением правительства для рабочего I разряда;

– коэффициент межтарифных соотношений  $K_{мт}$  – показывает, во сколько раз тарифная ставка рабочего рассматриваемого разряда может превышать тарифную ставку предшествующего разряда. Величина этого коэффициента устанавливается правительством;

– тарифный коэффициент – показывает, во сколько раз тарифная ставка рабочего рассматриваемого разряда превышает тарифную ставку I разряда.

Тарифная ставка – это специальная шкала, которая устанавливает размеры часовых тарифных ставок для рабочих разных размеров.

Разряд	I	II	III	IV	V	VI
$K_{\text{т}}$						
$T_{\text{ст}}$ , руб/час						

#### 14.5. Понятие о коллективном заработке и способы его распределения

При звеньевой и бригадной формах организации труда заработная плата рабочих называется коллективным заработком.

Размер этого заработка определяется на основании выполненного объема работы и сдельной расценки на выполнение этой работы, размер которой определяется следующим образом:

$$P_c = \sum_{i=1}^{N_q} (T_{\text{ст}}^i N_{\text{вр}}),$$

где  $i = 1$  до  $N_q$  – количественный состав звена или бригады;

$T_{\text{ст}}^i$  – часовая тарифная ставка  $i$ -го разряда;

$N_{\text{вр}}$  – норма времени на выполнение данной работы в условиях объекта.

Определив размер коллективного заработка, необходимо распределить его между членами бригады. Для распределения применяются различные способы:

– **по равному**, данный способ можно использовать, если квалификация рабочих отличается не более чем на один разряд, если все члены коллектива отработали на объекте одинаковое количество времени, разница не более восьми часов;

– **распределение пропорционально отработанному времени**, при этом способе для коллектива подсчитывают коэффициент распределения  $K_{\text{р. п}}$ , который определяется по формуле

$$K_{\text{р. п}} = \frac{Z_q}{\sum_{i=1}^{N_q} t_{\text{р. } i}},$$

где  $Z_q$  – заработная плата рабочего;

$t_{\text{р}}$  – время работы.

Этот способ применяется, если квалификация рабочих отличается не более чем на один разряд;

– *распределение с учетом квалификации рабочих.*

При этом способе определяют:

а) тарифный заработок каждого рабочего данного коллектива (руб.):

$$З_{тi} = T_{ст}^q t_i,$$

где  $t_i$  – время работы на объекте;

б) тарифный заработок коллектива:

$$З_{т} = \sum_{i=1}^{N_q} З_{тi};$$

в) коэффициент приработка:

$$K_{пр} = З_{сl} / З_{т}.$$

Если коэффициент меньше единицы, то разряд выполняемой работы меньше разряда рабочих, которые его выполняли; если коэффициент больше единицы, то необходимо в первую очередь проверить качество выполненной работы или эту работу выполняли неквалифицированные работники;

г) заработную плату каждого рабочего:

$$З_i = З_{тi} K_{пр}.$$

## **15. ОРГАНИЗАЦИЯ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНОГО И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

### **15.1. Цель, задачи и принципы организации материально-технического обеспечения**

Для материально-технического обеспечения строящихся объектов у каждой строительной организации имеется материально-техническая база (МТБ).

Комплекс зданий, предприятий или сооружений, находящихся на балансе строительной организации и предназначенный для обеспечения всех строящихся объектов необходимыми ресурсами, называется материально-технической базой, а каждое отдельное здание – объектом МТБ.

**Цель МТБ** – обеспечить все строительные объекты данной строительной организации всеми видами ресурсов, а именно: материальными и техническими.

Организация материально-технического обеспечения предусматривает решение следующих задач:

- определение номенклатуры ресурсов для каждого строительного объекта;

- определение общей потребности всех строящихся объектов во всех видах ресурсов на один год;

- установление наличия в регионе строительства объекта постоянно действующих объектов МТБ других организаций, которые могли быть потенциальными поставщиками необходимых ресурсов;

- технико-экономическое обеспечение целесообразности увеличения мощности этих объектов за счет собственных средств;

- определение номенклатуры тех ресурсов, потребность в которых не может быть удовлетворена за счет действующих объектов МТБ других организаций, по следующим признакам:

- а) по количеству;

- б) по качеству;

- в) по цене;

- технико-экономическое обоснование целесообразности создания собственных объектов МТБ;

- определение расчетной мощности создаваемых объектов МТБ.

Если решение о создании собственных объектов МТБ принято и экономически обосновано, то для их создания необходимо руководствоваться следующими принципами:

- необходимо рассмотреть вопрос о возможности использования и расширения уже существующих объектов МТБ, выпускающих другой вид продукции;

- в регионах сосредоточенного строительного производства одного вида необходимо рассматривать вопрос о создании региональных объектов МТБ на принципах долевого участия всех строительных организациях данного региона;

- конструкция и компоновка создаваемого объекта МТБ должна обязательно учитывать возможность его расширения и увеличения мощности;

- оборудование, которым оснащаются объекты МТБ, должно предусматривать максимальный уровень механизации и автоматизации всех технологических процессов;

- если срок службы объекта МТБ рассчитан на пять и более лет, то его необходимо проектировать в капитальном использовании, т. е. это должно быть капитальное здание, подвод всех необходимых коммуникаций, и такой объект необходимо размещать непосредственно на базе организации;

– если срок службы объекта МТБ запланирован меньше чем на пять лет, то необходимо проектировать его как временный, т. е. это не капитальные здания, их рекомендуется располагать на строящихся объектах.

### **15.2. Номенклатура и классификация объектов материально-технической базы строительства и их характеристика**

Номенклатура создаваемых объектов МТБ зависит от следующих условий:

– виды строительного производства, которое осуществляет строительная организация, и назначение возможных объектов. Это условие определяет основной вид работы, виды использованных материалов, виды использованных орудий труда;

– планируемые виды работ и сроки строительства объекта. Это условие определяет:

а) интенсивность ведения работ на объекте;

б) мощность объектов МТБ, обеспечивающих эту интенсивность;

– технология производства основных видов работ. Это условие определяет:

а) типы и марки машин, используемых при строительстве данных объектов;

б) количественный состав машин для каждого объекта;

в) состав объекта МТБ, обеспечивающий эксплуатацию этих машин;

– уровень индустриализации строительства (степень заводской готовности), использование материалов и конструкций. Это условие определяет:

а) состав объектов МТБ, обеспечивающий 100%-ную готовность этих материалов к монтажу;

– место расположения объекта строительства относительно базы строительной организации. Это условие определяет:

а) направления и протяженность проездных дорог к каждому объекту;

б) необходимость создания временных объектов МТБ на строительных площадках;

в) наличие транспортных средств, необходимых для доставки на строительные площадки;

г) состав объекта МТБ, обеспечивающий эксплуатацию транспортных средств.

Все объекты МТБ любой строительной организации по функциональному признаку подразделяется на следующие группы:

– объекты МТБ, предназначенные для материально-технического снабжения строительства. В этой группе все объекты делятся на три вида:

а) объекты МТБ, предназначенные для добычи и переработки местных строительных материалов;

б) объекты МТБ, предназначенные для изготовления необходимых строительных материалов и конструкций с использованием местных строительных материалов;

в) объекты МТБ, предназначенные для обеспечения строительства привозными материалами, деталями и изделиями (складское помещение всех видов типов);

– объекты МТБ, предназначенные для эксплуатации и ремонта мелiorативных и строительных машин, находящихся на балансе строительной организации;

– объекты МТБ, предназначенные для эксплуатации, ремонта и содержания транспортных средств и дорог, находящихся на балансе организации (гаражи, автомастерские, автостоянки, заправочные);

– объекты МТБ, предназначенные для обеспечения строящихся объектов электроэнергией и связью (трансформаторные подстанции, диспетчерский узел, линии электропередач);

– объекты МТБ, предназначенные для жизнеобеспечения поселков, находящихся на балансе строительной организации.

### 15.3. Мощность объектов материально-технической базы и методика ее расчета

**Мощность объектов материально-технической базы** – это объем выпускаемой продукции в виде какого-либо ресурса или услуги за единицу рабочего времени (за час, смену, рабочий день, квартал, полугодие, год).

**Расчет мощности** объекта материально-технической базы производится по следующему алгоритму:

– для каждого строящегося объекта определяют виды работ, для выполнения которых требуется какой-либо ресурс или материал;

– определяют расчетную потребность каждого вида работ объекта в данном виде ресурса:

$$Q_{i-j} = \frac{W_i}{W_{\text{ед}}} H_{\text{р.м.}}^{i-j},$$

где  $i$  – вид работы;

$j$  – вид ресурса или материала;

$W_i$  – профильный объем  $i$ -го вида работ на объекте;

$W_{ед}$  – единичный объем – это тот объем, на который дается норма расхода;

$N_{p.m}^{i-j}$  – норма расхода материала или ресурса на выполнения  $i$ -го вида работ на объекте; берется из нормативной литературы;  
– определяют общую потребность объекта в рассматриваемом виде ресурса или материала для всех работ, которые выполняются на объекте:

$$Q_j = \sum_{i-j}^n Q_{i-j},$$

где  $i = 1 \dots n$  – количество работ на объекте, для выполнения которых необходим  $j$ -й вид ресурса;

– определяют расчетную мощность объекта МТБ для обеспечения потребности рассматриваемого объекта в  $j$ -м виде ресурса:

$$M_j = \frac{Q_j}{T_{стр}} K_n,$$

где  $T_{стр}$  – расчетная продолжительность строительства данного объекта, раб. дн.;

$K_n$  – коэффициент неравномерности потребления ресурса, зависит от расчетной продолжительности тех работ на объекте, для которых нужен этот ресурс,  $K_n = 1, 1 \dots 1, 4$ ;

– определяют количество объектов, при строительстве которых необходим данный вид материалов или ресурсов, и для каждого объекта;

– определяют расчетную мощность объекта МТБ для удовлетворения потребности всех строящихся объектов данного вида ресурса:

$$M_i = \sum_{m=1}^k M_j,$$

где  $M = 1 \dots k$  – количество строящихся объектов.

#### **15.4. Задачи организации складского хозяйства и методика их решения**

Все материалы и ресурсы, которые доставляются на объект строительства, должны храниться в складских условиях.

**Задачи организации складского хозяйства:**

- в зависимости от вида материала определяют тип и вид склада, в котором он должен храниться;
- определяют запасы материала, который должен храниться в складских помещениях;
- определяют параметры складских помещений (площадь, объем и размеры);
- определяют способы производства погрузочно-разгрузочных работ;
- устанавливают порядок приема, учета и отпуска материальных ценностей со склада.

В зависимости от вида материала и месторасположения склада складские помещения **классифицируются по следующим признакам:**

– **по номенклатуре хранимых материальных ценностей:**

а) универсальные склады (можно хранить все виды материальных ценностей);

б) специализированные склады (хранится один вид материала);

– **по месту расположения складских помещений:**

а) базисные склады (устраивают на центральной базе, они являются универсальными);

б) приобъектные склады (устанавливаются на строящихся объектах, бывают универсальные и специализированные);

– **по условию хранения материала:**

а) открытые склады или площадки. На этих складах рекомендуется хранить те материалы, которые не требуется защищать от атмосферных воздействий, к ним относятся: сборный железобетон, кирпич, керамическая трубка, щебень;

б) полужакрытые склады (навесы). На этих складах рекомендуется хранить материалы, которые не меняют своих свойств под воздействием влажности и температуры, но которые требуется защищать от атмосферных осадков и прямых солнечных лучей. К ним относятся кровельные материалы;

в) закрытые склады (пакагаузы). На них рекомендуется хранить материалы, которые требуется защищать от любых атмосферных воздействий и от хищения. К ним относятся: цемент, гипс, спецодежда и др.;

г) специальные склады. На них рекомендуется хранить материалы, которые представляют особую опасность при их использовании. К ним относятся: бензин, все виды азотных удобрений и др.

Определив, какой материал, на каком складе будем хранить, необходимую площадь склада определяют на основании запаса материала, который должен храниться на этом складе:

$$Q_{3.м} = \frac{Q_m}{T} N_{п.з} K_1 K_2,$$

где  $Q_{3.м}$  – запас материала, который должен храниться в складских условиях;

$Q_m$  – общая потребность строительства в данном виде материала;

$T$  – расчетная продолжительность строительства объекта, раб. дн.;

$N_{п.з}$  – норма производственного запаса;

$K_1$  – коэффициент неравномерности поступления материала на склад; зависит от количества поставщиков данного вида материала,  $K_1 = 1,1 \dots 1,3$ ;

$K_2$  – коэффициент неравномерности потребления складских запасов; зависит от количества потребления данного материала,  $K_2 = 1,3 \dots 1,7$ .

**Норма производственного запаса** – количество рабочих дней, в течение которых все потребности строительства в данном виде материала должны быть удовлетворены за счет складских запасов. Эта норма зависит от следующих условий:

- наименование материала;
- вид транспорта, с помощью которого он доставляется на склад;
- расстояние от поставщика до склада.

Норма производственного запаса берется из справочной литературы. Например: для цемента, извести и асбестоцементных изделий, если они доставляются железнодорожным транспортом на расстояние до 100 км, то  $N_{п.з} = 23$  раб. дн., если доставляются автомобильным транспортом на расстояние до 100 км, то  $N_{п.з} = 13$  раб. дн.

Определив запас материала, рассчитывают необходимую площадь склада:

$$F_{ск} = \frac{Q_{3м} N_{ск}}{K_{ск}},$$

где  $N_{ск}$  – норма складирования;

$K_{ск}$  – коэффициент использования площади склада.

**Норма складирования** – это площадь склада, на котором можно разместить единицу объема или единицу массы рассматриваемого материала,  $м^2/м^3(т)$ . Берется из справочной литературы в зависимости от вида материала. Например, металлоконструкции –  $1 м^2/(т)$ , щебень и гравий –  $0,5 м^2/м^3$ .

Норма складирования рассчитывается таким образом, чтобы не изменились физико-механические свойства материала.

Коэффициент использования площади склада зависит от вида склада. Для открытых складов – 0,55 и для закрытых – 0,3.

Если хранимый запас материала нецелесообразно измерять в единицах объема или единицах массы (инструмент, спецодежда, дизельное топливо и др.), то площадь склада ( $m^2$ ) определяется по формуле

$$F_{ск} = S_{стр} f_n,$$

где  $S_{стр}$  – стоимость СМР на объекте, для выполнения которых используется данный вид материала;

$f_n$  – нормативные запасы материала, приходящиеся на 1 млн. руб. стоимости, для которых эти материалы используются,  $m^2/млн. руб.$

Определяем объем склада ( $m^3$ ) по формуле

$$W_{ск} = F_{ск} H_y,$$

где  $H_y$  – норма укладки материала.

**Норма укладки материала** – это предельно допустимая высота складирования материала в одном ярусе, при которой не изменяются потребительские свойства этого материала.

Например, металлоконструкции – 1,2 м, трубы железобетонные – 2,2 м.

Конкретные размеры склада, т. е. его ширина, длина и высота, определяются исходя из конкретных габаритных размеров складированных материалов и принятого способа их складирования.

## 15.5. Организация снабжения строительства энергоресурсами и водой

**Основными задачами** организации снабжения строительства энергоресурсами и водой являются:

- определение видов ресурсов, необходимых для строительства каждого объекта;
- установление потенциальной потребности каждого вида ресурса на каждом объекте;
- расчет потребности каждого потребителя в рассматриваемом виде ресурса;
- определение источников для покрытия потребностей каждого вида ресурсов.

К основным видам энергоресурсов на мелиоративных объектах относятся:

- топливно-смазочные материалы (ТСМ);
- электроэнергия;
- сжатый воздух;
- сжатые газы.

**Топливо-смазочные материалы (ТСМ).** Потенциалом потребности данного вида ресурса являются машины и механизмы, работающие на объекте и оснащенные двигателями внутреннего сгорания.

Потребности в ТСМ определяются в зависимости от часовых норм расхода топлива для каждой машины и количества часов, которые машина должна отработать на объекте.

Потребность в ТСМ определяется по формуле

$$Q_{\text{ТСМ}} = \sum_{i=1}^n (t_i N_{\text{ТСМ}i}^{\text{ч}}).$$

Потребность можно определить по графику поставок топливно-смазочных материалов на объект строительства.

**Электроэнергия.** Данный вид ресурса может использоваться:

- в технологических процессах, выполняемых на объекте,  $\mathcal{E}_1$  (электросварка, оттаивание мерзлых грунтов и т. д.);
- машинами и механизмами, имеющими электропривод,  $\mathcal{E}_2$  (бетономешалки, вибраторы и др.);
- на обогрев помещений,  $\mathcal{E}_3$ ;
- на освещение строительных площадок,  $\mathcal{E}_4$ .

Потребность строительства в электроэнергии определяется на основании нормативных показателей. Например, на электросварку требуется 160 кВт · ч.

Общую потребность в электроэнергии (кВт) можно определить по формуле

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3 + \mathcal{E}_4.$$

Электроэнергия на технологические процессы, выполняемые на объекте, определяется по формуле

$$\mathcal{E}_1 = \sum_{i=1}^n W_i g_{zi},$$

где  $W_i$  – планируемый объем  $i$ -го технологического процесса;

$g_{zi}$  – удельный нормативный расход электроэнергии на единицу объема  $i$ -го технологического процесса, кВт/м<sup>3</sup> (т).

Например, для сварки  $g_3 = 160$  кВт/т, для оттаивания грунта  $g_3 = 20 \dots 60$  кВт/м<sup>3</sup>.

Потребность в электроэнергии для машин и механизмов, имеющих электропривод, определяется по формуле

$$\mathcal{E}_2 = \sum_{j=1}^k M_j t_{pj},$$

где  $j = 1 \dots k$  – количество машин с электроприводом;

$M_j$  – постоянная мощность электродвигателя  $j$ -й машины, кВт;

$t_{pj}$  – планируемая продолжительность работы  $j$ -й машины, ч.

**Сжатый воздух.** Данный вид ресурсов потребляется:

– на технологические процессы, выполняемые на объекте, СВ<sub>1</sub> (транспортировка бетонной смеси и раствора):

$$СВ_1 = \sum_{i=1}^n W_i g_{сви},$$

где  $g_{сви}$  – удельный нормативный расход сжатого воздуха на единицу объема  $i$ -го технологического процесса, м<sup>3</sup>/мин.

Например, при транспортировке бетонной смеси  $g_{св} = 4 \dots 6$  м<sup>3</sup>/мин;

– машинами и механизмами, имеющими пневмопривод, СВ<sub>2</sub> (отбойные молотки):

$$СВ_2 = \sum_{j=1}^k (N_j g_{свj} K_j),$$

где  $j = 1 \dots k$  – количество типов машин с электроприводом;

$N_j$  – количество машин  $j$ -го типа;

$g_{свj}$  – удельный нормативный расход сжатого воздуха для машин  $j$ -го типа;

$K_j$  – коэффициент одновременности работы машин  $j$ -го типа, равный 0,6...1,0.

Потребность в сжатом воздухе определяется по формуле

$$СВ = СВ_1 + СВ_2.$$

**Сжатые газы.** Они могут потребляться:

– на технологические процессы, связанные с газосваркой или газорезкой металлоконструкций.

**Снабжение строительства водой.** Вода предназначена для следующих целей:

– на технологические процессы,  $Q_1$  (приготовление бетонной смеси и строительных растворов, доувлажнение грунта при их уплотнении):

$$Q_1 = \sum_{i=1}^n (W_i g_i K_1),$$

где  $W_i$  – планируемый объем  $i$ -го технологического процесса;

$g_i$  – удельный нормативный расход воды на единицу объема  $i$ -го технологического процесса, л/м<sup>3</sup>. Например, при доувлажнении  $g = 500 \dots 1000$  л/м<sup>3</sup>;

$K_1$  – коэффициент неравномерности, равный 1,1...1,6;

– при эксплуатации машин и механизмов,  $Q_2$  (заправка системы охлаждения и техническое обслуживание машин):

$$Q_2 = \sum_{j=1}^k (N_j g_{свj}),$$

где  $j = 1 \dots k$  – количество типов машин;

$N_j$  – количество машин  $j$ -го типа;

$g_{свj}$  – удельный нормативный расход воды для машин  $j$ -го типа. Например, при эксплуатации бульдозера  $g = 200$  л/см, эксплуатации экскаватора  $g = 350$  л/см;

– на хозяйственно-бытовые нужды строительства,  $Q_3$ :

$$Q_3 = \sum_{i=1}^n (N_j g_i K_2),$$

где  $N_j$  – количество рабочих;

$g_i$  – удельный нормативный расход воды на одного рабочего,  $g = 10 \dots 12$  л/с;

$K_2$  – коэффициент неравномерности водопотребления, равный 2...2,7;

– на противопожарные мероприятия,  $Q_4$  (особенно если на объекте строительства имеется торфяник).

Расход воды на противопожарные нужды для объектов площадью до 50 га принимают равным 20 л/с, на каждую дополнительную площадь 25 га добавляется 5 л/с. Для определения расхода воды на противопожарные нужды (л/с) используется формула

$$Q_4 = 20 + \frac{F - 50}{25} \cdot 5,$$

где  $F$  – площадь объекта.

Источниками водоснабжения являются: подземные источники, поверхностные водоемы.

## **16. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ СТРОИТЕЛЬНОГО ТРАНСПОРТА В ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

### **16.1. Цель и задачи организации работы транспорта в строительстве**

Транспортные средства, предназначенные для доставки на строящиеся объекты необходимых мелиоративных и технических ресурсов, называются строительным транспортом.

Строительный транспорт – это технологическое звено, связывающее потребителей и поставщиков необходимых для строительства ресурсов. Другими словами – это необходимый посредник для любого строительного производства. Услуги этого посредника непосредственно влияют на все остальные показатели строительного производства (стоимость, трудоемкость, сроки и др.).

На современном этапе следует помнить:

- стоимость транспортных работ может достичь 20 % от сметной стоимости объекта;

- трудоемкость транспортных и погрузочно-разгрузочных работ может достичь 40 % от общей трудоемкости всего комплекса работ на строящихся объектах.

Для того чтобы снизить основные показатели строительного производства, необходимо очень тщательно и детально решать все задачи, связанные с организацией работы строительного транспорта.

Цель организации работы транспорта в строительстве – обеспечить доставку всех необходимых ресурсов на строящиеся объекты, в нужном количестве и в установленные сроки с минимально возможными для каждого объекта затратами трудовых и денежных ресурсов.

Задачи организации работы строительного транспорта:

- определение номенклатуры материальных и технических ресурсов, подлежащих доставке на строительные объекты;

- определение необходимого количества этих ресурсов и классификация их как грузов;

- выбор вида транспортных средств для доставки этих грузов на объекты строительства согласно их классификации;

- расчет основных технико-эксплуатационных показателей работы принятых видов транспорта;

- выбор оптимальных маршрутов и схем грузопотоков доставки каждого вида груза принятыми видами транспорта;

- определение необходимого количества транспортных средств для доставки всех необходимых грузов к месту их потребления в установленные сроки.

## 16.2. Классификация транспортных грузов в строительстве

Основными материальными и техническими ресурсами, необходимыми для строительства объектов различного назначения, являются:

- строительные материалы;
- детали;
- конструкции;
- машины;
- механизмы.

При доставке их на объект строительства их называют строительным грузом. Грузы принято классифицировать по следующим признакам:

1) *по способу погрузки, перевозки, разгрузки и складирования:*

– *штучные* (тарные и бестарные) – характеризуются габаритами, размерами, массой. Например: цемент в мешках, утеплитель;

– *навалочные* – характеризуются массой и объемом. Например: песок, щебень;

– *наливные* – характеризуются только объемом. Например: вода, топливо, жидкий битум;

– *полужидкие* – характеризуются объемом и массой. Например: бетонная смесь, строительный раствор, асфальтобетон;

2) *по условию погрузки, перевозки, разгрузки и складирования:*

– *обычные* – не требуют создания каких-либо специальных условий при погрузке, перевозке, складировании (навалочные грузы, некоторые штучные, наливные);

– *специфические* – требует создания специальных условий либо при погрузке, либо при перевозке, либо при складировании (штучные, некоторые наливные, полужидкие).

Такие штучные грузы, как машины, механизмы, железобетонные конструкции, относятся к специфическим и подразделяются на следующие виды:

а) негабаритные – один из габаритных размеров превышает габариты транспортного средства;

б) крупногабаритные – габаритные размеры превышают указанные величины: длина – больше 3,5 м; ширина – больше 2,0 м; высота – больше 2,5 м;

в) длинномерные – длина более чем на  $\frac{1}{3}$  превышает габариты транспортных средств;

г) тяжеловесные – масса – более 500 кг;

3) *по степени опасности при погрузке, перевозке и разгрузке:*

– *неопасные* – не представляют никакой опасности при погрузке, при разгрузке (навалочные, некоторые наливные и полужидкие, большинство штучных);

– *малоопасные* – представляют опасность либо при погрузке, либо при перевозке, либо при выгрузке.

К малоопасным, как правило, относят наливные или полужидкие грузы, а также специальные штучные грузы (бензин, битум, асфальтобетон, крупногабаритные и тяжеловесные штучные грузы). Они, в свою очередь, подразделяются на следующие виды:

а) легковоспламеняющиеся (бензин, дизельное топливо);

б) горячие и обжигающие (битум, асфальтобетон);

в) крупногабаритные и тяжеловесные (строительные машины);

– *опасные* – представляют опасность на всех стадиях транспортирования (все сжатые газы: кислород, ацетилен).

В зависимости от вида груза, согласно приведенной выше классификации, устанавливают необходимые условия транспортирования на всех стадиях (погрузка, перевозка, складирование).

### **16.3. Классификация транспортных средств в строительстве**

Для доставки грузов на строящиеся объекты могут использоваться различные виды транспортных средств. Вид транспорта определяется на основании следующих условий:

– вид груза, согласно действующей классификации, который необходимо доставлять на объект строительства;

– масса, габариты и объемы груза, подлежащего транспортированию;

– требуемая дальность доставки груза от поставщика к потребителю;

– требования, предъявляемые к условиям транспортирования каждого вида груза;

– сроки доставки груза к потребителю.

В строительстве для доставки грузов могут использовать следующие виды транспортных средств:

– автомобильный;

– железнодорожный;

– тракторный;

– конвейерный;

– насосный;

– крановый.

По характеру и направлению перевозки необходимых грузов все вышеперечисленные виды транспорта подразделяются на три группы:

- внешний – осуществляет доставку грузов от заводов-изготовителей до склада или объекта;
- внутрипостроечный – осуществляет доставку грузов от склада до объекта строительства;
- технологический – осуществляет доставку грузов в пределах территории строительной площадки.

Автомобильный транспорт может относиться к каждой из этих трех групп.

Железнодорожный транспорт может относиться только к внешнему.

Тракторный транспорт может использоваться как внутрипостроечный, так и как технологический.

Конвейерный транспорт, насосный и крановый может использоваться как технологический.

Если для доставки какого-либо вида груза возможно использование нескольких видов транспорта, то окончательный выбор производят только после сравнения всех возможных вариантов доставки этого груза.

Сравнение вариантов предусматривает решение следующих задач:

- выбор возможных маршрутов и схем грузопотоков по доставке этого груза;
- расчет технико-эксплуатационных показателей работы каждого вида транспорта при доставке этого груза и для возможного маршрута и схемы грузопотока;
- расчет эксплуатационной производительности каждого возможного вида транспорта при доставке этого груза;
- расчет себестоимости транспортирования этого груза каждым видом транспорта.

#### **16.4. Техничко-эксплуатационные показатели работы транспорта и их характеристика**

Результаты работы строительного транспорта принято определять с помощью технико-экономических и эксплуатационных показателей.

Все показатели подразделяют на две группы:

1. *Показатели, характеризующие планируемые объемы грузовой работы строительного транспорта.*

К ним относятся:

– *грузопоток* – планируемый объем работы транспорта при перевозке  $j$ -го вида груза от поставщика к каждому потребителю за единицу рабочего времени ( $t \cdot \text{км/раб. дн., недели, месяцы}$ ):

$$Q_{г.п}^j = (Q_{i-j} L_{i-j}),$$

где  $Q_{г.п}^j$  – грузопоток  $j$ -го вида груза, т · км;

$i = 1 \dots n$  – количество потребителей  $j$ -го вида груза;

$Q_{i-j}$  – масса груза  $j$ -го вида, поставляемая  $i$ -му потребителю, т;

$L_{i-j}$  – расстояние доставки  $j$ -го вида груза к  $i$ -му потребителю, км.

**Пример:** необходимо доставить трем потребителям цемент в мешках.

$Q_1 = 10$  т,  $L_1 = 10$  км;  $Q_2 = 20$  т,  $L_2 = 20$  км;  $Q_3 = 5$  т,  $L_3 = 10$  км.

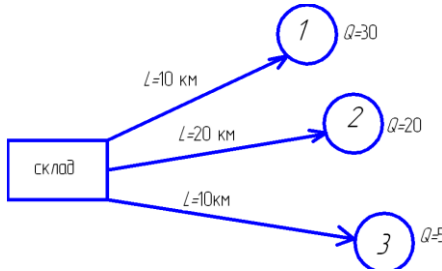


Схема маршрута

$$Q_{г.п}^j = Q_1 L_1 + Q_2 L_2 + Q_3 L_3 = 10 \cdot 10 + 20 \cdot 20 + 5 \cdot 10 = 550 \text{ т} \cdot \text{км/мес.}$$

**Пример:** необходимо доставить трем потребителям кирпич.

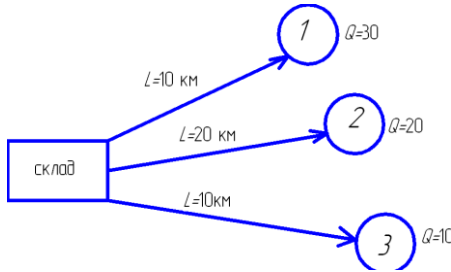


Схема маршрута

$Q_1 = 30$  т,  $L_1 = 10$  км;  $Q_2 = 20$  т,  $L_2 = 20$  км;  $Q_3 = 10$  т,  $L_3 = 10$  км.

$$Q_{г.п}^j = Q_1 L_1 + Q_2 L_2 + Q_3 L_3 = 30 \cdot 10 + 20 \cdot 20 + 10 \cdot 10 = 800 \text{ т} \cdot \text{км/мес.};$$

– *грузооборот* – планируемый объем работы транспорта при перевозке всех видов груза от поставщика к каждому потребителю за единицу рабочего времени (т · км/ед. времени):

$$Q_{\text{го}}^j = \sum_{j=1}^k (Q_{i-j} L_{i-j}),$$

где  $i = 1 \dots k$  – количество видов груза, доставляемых к каждому потребителю.

Грузооборот для цемента и кирпича будет равен:

$$Q_{\text{го}} = Q_{\text{г.п}}^{\text{цем}} + Q_{\text{г.п}}^{\text{кир}} = 550 + 800 = 1350 \text{ т} \cdot \text{км/мес};$$

– *объем грузоперевозок* – суммарная масса грузов, которая должна быть доставлена потребителям этих видов грузов за единицу времени (раб. дн., месяцы, квартал).

В нашем примере

$$Q_{\text{п}} = (10 + 20 + 5) + (30 + 20 + 10) = 35 + 60 = 95 \text{ т/мес.}$$

*2. Показатели, характеризующие эффективность работы строительного транспорта при перевозке грузов от поставщика к потребителям.*

К ним относятся:

– *коэффициент использования технической грузоподъемности транспортных средств.*

Это отношение массы груза, перевозимого транспортным средством за один рейс, к его технической грузоподъемности:

$$K_{\text{и.г}}^{\text{т}} = q / G,$$

где  $q$  – масса груза;

$G$  – техническая грузоподъемность.

Коэффициент использования технической грузоподъемности транспортных средств может быть как равен, так и меньше единицы;

– *коэффициент использования маршрутной грузоподъемности транспортных средств.*

Это отношение планируемого объема грузоперевозок  $Q_{\text{п}}$  к массе груза, перевозимого за один рейс транспортным средством с учетом планируемого числа рейсов, к каждому потребителю для удовлетворения всех его потребностей:

$$K_{\text{и.г}}^{\text{м}} = \frac{Q_{\text{п}}}{q \sum_{i=1}^k m_i},$$

где  $Q_{п}$  – планируемый объем грузоперевозок;  
 $q$  – масса груза, перевозимого транспортом за один рейс;  
 $i = 1...k$  – количество потребителей груза;  
 $m_i$  – расчетное количество рейсов транспорта для удовлетворения потребности  $i$ -го потребителя;  
– коэффициент использования пробега.

Это отношение суммарной протяженности пробега транспортного средства с грузом, с учетом планируемого числа рейсов, к общей протяженности принятого маршрута его доставки:

$$K_{и.п} = \frac{\sum_{i=1}^k L_{гр} m_i}{\sum_{i=1}^k (L_{гр} + L_{ох}) m_i},$$

где  $L_{гр}$  – протяженности пробега транспортного средства с грузом;  
 $L_{ох}$  – протяженность пробега на обратный ход;  
– коэффициент полезной работы.

Это показатель, характеризующий эффективность работы транспорта и оптимальность принятого маршрута доставки груза:

$$K_{п.р} = K_{и.г}^M K_{и.п};$$

– производительность транспортного средства.

Это масса груза, которая может быть доставлена потребителю за единицу рабочего времени (т/ч):

$$\Pi_3 = 60GK_{и.г}^M / T_{ц},$$

где  $G$  – техническая грузоподъемность;

$K_{и.г}^M$  – коэффициент использования технической грузоподъемности транспортных средств;

$T_{ц}$  – планируемая продолжительность одного рейса транспорта при перевозке  $j$ -го вида груза  $i$ -му потребителю, мин;  
– себестоимость единицы транспортной работы.

Это отношение себестоимости перевозки единицы массы груза  $j$ -му потребителю к массе груза (руб/т):

$$S_{ед} = S_{м-ч} / \Pi_3,$$

где  $S_{м-ч}$  – себестоимость одного машино-часа работы транспортного средства в условиях строительной организации.

## 16.5. Маятниковый маршрут доставки грузов, схемы грузопотоков, расчет показателей работы транспорта

Выбор схем грузопотоков, обеспечивающих доставку необходимых грузов на объекты строительства с максимальной производительностью транспортных средств и минимальной себестоимостью транспортных работ, называется *маршрутизацией доставки грузов*.

Выбор маршрута доставки грузов зависит от следующих факторов:

- вид груза и его количество;
- вид транспорта;
- количество потребителей груза (объекты строительства);
- плановое расположение потребителей груза относительно поставщика;
- расстояние от поставщика до каждого потребителя;
- наличие и состояние подъездных путей и дорог до каждого потребителя.

*Маятниковый маршрут* – это схема грузопотоков, при которой доставка необходимых грузов каждому потребителю производится по индивидуальному направлению (маршруту).

*Радиальная схема грузопотока:*

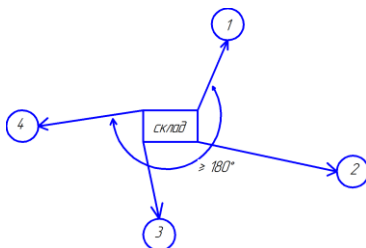


Схема маршрута

*Веерная схема грузопотока:*

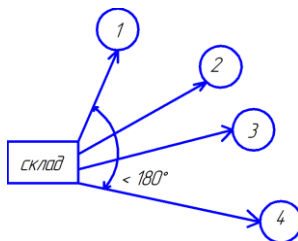


Схема маршрута

**Односторонняя схема грузопотока:**

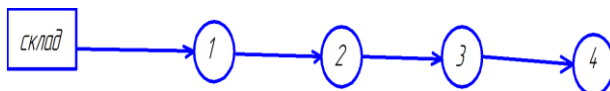


Схема маршрута

**Условия применения маятникового маршрута:**

- все виды грузов (согласно классификации);
- все виды транспорта внутрипостроечного;
- количество потребителей груза;
- наличие подъездных путей и дорог к каждому потребителю груза.

**Расчет маятникового маршрута.**

Дано:

- вид груза – цемент в мешках массой 50 кг;
- вид транспорта – бортовой МАЗ грузоподъемностью 9 т;
- три потребителя груза;
- $Q_1 = 18$  т,  $Q_2 = 25$  т,  $Q_3 = 20$  т – потребности потребителей в данном виде груза;
- $L_1 = 20$  км,  $L_2 = 15$  км,  $L_3 = 18$  км – расстояние от поставщика груза до каждого потребителя;
- срок доставки груза II квартал.

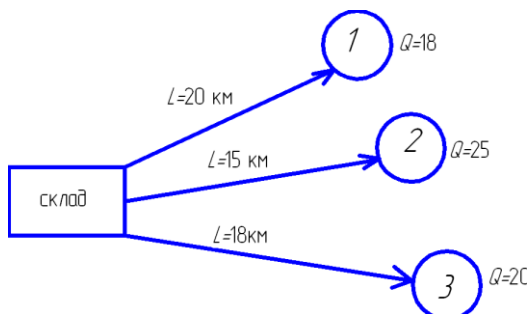


Схема маршрута

**Алгоритм расчета:**

- определяем общую потребность объектов в данном виде груза (объем перевозки), т:

$$Q_{\text{п}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 18 + 25 + 20 = 63 \text{ т};$$

– определяем объем груза для каждой перевозки:

$$Q_{г.п1} = Q_1 L_1 = 18 \cdot 20 = 360 \text{ Т} \cdot \text{км};$$

$$Q_{г.п2} = Q_2 L_2 = 25 \cdot 15 = 375 \text{ Т} \cdot \text{км};$$

$$Q_{г.п3} = Q_3 L_3 = 20 \cdot 18 = 360 \text{ Т} \cdot \text{км};$$

– определяем объем грузооборота для строящихся объектов:

$$Q'_{г.п} = Q_{г.п1} + Q_{г.п2} + Q_{г.п3} = 360 + 375 + 360 = 1095 \text{ Т} \cdot \text{км};$$

– определяем массу груза, которую транспортное средство может перевезти за один рейс с учетом его грузоподъемности, габаритных размеров груза и транспортного средства. В кузове МАЗа можно разместить 160 мешков цемента массой 50 кг каждый, таким образом, за один рейс можно перевезти груз цемента массой:

$$g = 160 \cdot 0,05 = 8 \text{ т.}$$

Тогда коэффициент технической грузоподъемности будет равен:

$$K_{и.г}^T = g / G = 8 / 9 = 0,89;$$

– определяем количество рейсов транспортного средства для удовлетворения потребности в грузе каждого потребителя:

$$m_j = Q_j / g;$$

$$m_1 = Q_1 / g = 18 / 8 = 2,25, \text{ принимаем } 3 \text{ рейса};$$

$$m_2 = Q_2 / g = 25 / 8 = 3,13, \text{ принимаем } 4 \text{ рейса};$$

$$m_3 = Q_3 / g = 20 / 8 = 2,5, \text{ принимаем } 3 \text{ рейса.}$$

Таким образом, чтобы обеспечить потребность всех потребителей, транспортное средство должно выполнить определенное количество рейсов:

$$m_{об} = m_1 + m_2 + m_3;$$

$$m_{об} = 3 + 4 + 3 = 10 \text{ рейсов};$$

– определяем коэффициент использования маршрутной грузоподъемности транспортных средств:

$$K_{и.м}^M = \frac{Q_{п}}{q \cdot \sum_{j=1}^k m_j} = 63 / (8 \cdot (3 + 4 + 3)) = 63 / 80 = 0,79;$$

– определяем коэффициент использования пробега:

$$K_{и.п} = \frac{\sum_{i=1}^k L_{гр} m_i}{\sum_{i=1}^k (L_{гр} + L_{ок}) m_i} = \frac{2+15+18}{2(20+15+18)} = 0,5;$$

– определяем коэффициент полезной работы:

$$K_{п.р} = K_{и.г}^M K_{и.п} = 0,79 \cdot 0,5 = 0,4;$$

– определяем производительность транспортного средства  $P$ , (см. п. 16.4).

Пример для самостоятельного решения: транспортное средство – ЗИЛ-130, грузоподъемность – 5 т, в кузов вмещается 90 мешков цемента.

### **16.6. Кольцевой маршрут доставки грузов с затухающим грузопотоком, расчет показателей работы транспорта**

**Кольцевой маршрут доставки грузов с затухающим грузопотоком** – это такая схема грузопотоков, при которой доставка необходимых грузов каждому потребителю осуществляется по единому маршруту.

Затухающий грузопоток предусматривает одновременное удовлетворение каждого потребителя данного груза, находящегося на трассе каждого маршрута.

#### **Условия применения:**

- штучные, полужидкие и наливные грузы;
- автомобильный внутрипостроечный транспорт;
- количество потребителей груза не менее двух;
- наличие подъездных путей и дорог между потребителями груза;
- отсутствие подъездных путей и дорог от поставщика к каждому потребителю.

#### **Расчет кольцевого маршрута.**

Дано:

- вид груза – цемент в мешках массой 50 кг;
- вид транспорта – бортовой МАЗ грузоподъемностью 9 т;
- три потребителя груза;
- $Q_1 = 18$  т,  $Q_2 = 25$  т,  $Q_3 = 20$  т – потребности потребителей в данном виде груза;

- $L_{c-1} = 20$  км,  $L_{1-2} = 10$  км,  $L_{2-3} = 15$  км,  $L_{3-c} = 18$  км – расстояние от поставщика груза к потребителям;
- срок доставки груза II квартал.

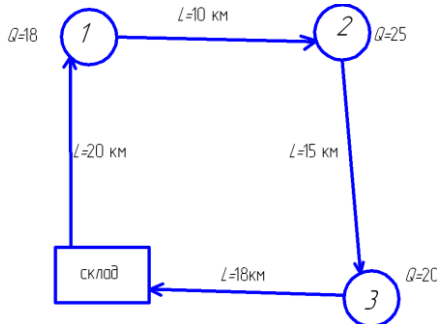


Схема маршрута

**Алгоритм расчета:**

- определяем общую потребность объектов в данном виде груза (объем перевозки), т:

$$Q_{\text{п}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 18 + 25 + 20 = 63 \text{ т};$$

- определяем объем груза для каждой перевозки:

$$Q_{\text{г. п.1}} = Q_1 L_{c-1} = 18 \cdot 20 = 360 \text{ т} \cdot \text{км};$$

$$Q_{\text{г. п.2}} = Q_2 (L_{c-1} + L_{1-2}) = 25 \cdot (20 + 10) = 750 \text{ т} \cdot \text{км};$$

$$Q_{\text{г. п.3}} = Q_3 (L_{c-1} + L_{1-2} + L_{2-3}) = 20 \cdot (20 + 10 + 15) = 900 \text{ т} \cdot \text{км};$$

- определяем объем грузооборота для строящихся объектов:

$$Q'_{\text{г. п}} = Q_{\text{г. п.1}} + Q_{\text{г. п.2}} + Q_{\text{г. п.3}} = 360 + 750 + 900 = 2010 \text{ т} \cdot \text{км};$$

- определяем массу груза, которую транспортное средство может перевезти за один рейс с учетом его грузоподъемности, габаритных размеров груза и транспортного средства. В кузове МАЗа можно разместить 160 мешков цемента массой 50 кг каждый. Таким образом, за один рейс можно перевезти груз цемента массой:

$$g = 160 \cdot 0,05 = 8 \text{ т.}$$

- Тогда коэффициент технической грузоподъемности будет равен:

$$K_{\text{и.г}}^T = g / G = 8 / 9 = 0,89;$$

– определяем количество рейсов транспортного средства для удовлетворения потребности в грузе всех потребителей:

$$m_j = Q_j / g;$$

$$m = Q_{\text{п}} / g = 63 / 8 = 7,87, \text{ принимаем } 8 \text{ рейсов};$$

– определяем массу груза ( $m$ ), подлежащего выгрузке каждому потребителю за один рейс:

$$g_j = Q_j / m;$$

$$g_1 = 18 / 8 = 2,25 \text{ т.}$$

Если груз штучный (цемент в мешках по 50 кг), то это 45 мешков.

$$g_2 = 25 / 8 = 3,125 \text{ т, или } 62,5 \text{ мешка, принимаем } 63 \text{ мешка.}$$

$$g_3 = 20 / 8 = 2,5 \text{ т, или } 50 \text{ мешков};$$

– определяем общее количество мешков:

$$g = g_1 + g_2 + g_3;$$

$$g = 45 + 63 + 50 = 158 \text{ мешков.}$$

В кузове останется 2 мешка, невязка.

Полученную разницу в 2 мешка необходимо распределить между потребителями, т. е.:

$$g_1^{\text{п}} = 45 + 1 = 46 \text{ мешков, или } 2,3 \text{ т};$$

$$g_2^{\text{п}} = 63 \text{ мешка, или } 3,15 \text{ т};$$

$$g_3^{\text{п}} = 50 + 1 = 51, \text{ или } 2,55 \text{ т};$$

$$g = 2,3 + 3,15 + 2,55 = 8 \text{ т};$$

– определяем массу груза, доставляемую каждому потребителю за один рейс:

$$g_1 = g = 8 \text{ т};$$

$$g_2 = g - g_1^{\text{п}} = 8 - 2,3 = 5,7 \text{ т};$$

$$g_3 = g_2 - g_2^{\text{п}} = 5,7 - 3,15 = 2,55 \text{ т};$$

– определяем коэффициент использования маршрутной грузоподъемности транспортных средств:

$$K_{и.м}^M = 63 / (8 \cdot (8 + 5,7 + 2,55)) = 63 / 130 = 0,48;$$

– определяем количество разгрузок транспорта для каждого потребителя (проверка):

$$n_j = Q_j / g^p_j;$$

$$n_1 = 18 / 2,3 = 7,82 = 8 \text{ разгрузок};$$

$$n_2 = 25 / 3,15 = 7,93 = 8 \text{ разгрузок};$$

$$n_3 = 20 / 2,55 = 7,84 = 8 \text{ разгрузок};$$

– определяем коэффициент использования пробега:

$$K_{и.п} = \frac{20 \cdot 8 + 15 \cdot 8 + 18 \cdot 8}{8 \cdot 63} = 0,71;$$

– определяем коэффициент полезной работы:

$$K_{п.р} = K_{и.г}^M \cdot K_{и.п} = 0,48 \cdot 0,71 = 0,34.$$

Какие изменения произойдут, если изменить направления движения транспорта?

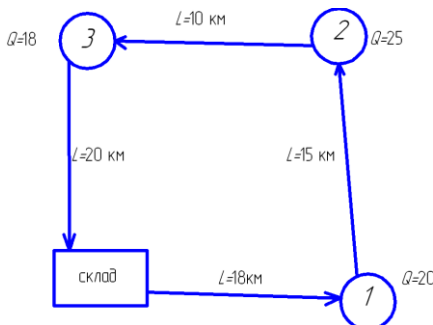


Схема маршрута

**Алгоритм расчета:**

– определяем общую потребность объектов в данном виде груза (объем перевозки), т:

$$Q_{п} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 18 + 25 + 20 = 63 \text{ т};$$

– определяем объем груза для каждой перевозки:

$$Q_{г.п1} = Q_1 L_{с-1} = 20 \cdot 18 = 360 \text{ т} \cdot \text{км};$$

$$Q_{г.п2} = Q_2 (L_{с-1} + L_{1-2}) = 25 \cdot (18 + 15) = 825 \text{ т} \cdot \text{км};$$

$$Q_{г.п3} = Q_3 (L_{с-1} + L_{1-2} + L_{2-3}) = 18 \cdot (18 + 15 + 10) = 774 \text{ т} \cdot \text{км};$$

– определяем объем грузооборота для строящихся объектов:

$$Q_{г.п}^j = Q_{г.п1} + Q_{г.п2} + Q_{г.п3} = 360 + 825 + 774 = 1959 \text{ т} \cdot \text{км};$$

– определяем массу груза, которую транспортное средство может перевезти за один рейс с учетом его грузоподъемности, габаритных размеров груза и транспортного средства. В кузове МАЗа можно разместить 160 мешков цемента массой 50 кг каждый. Таким образом, за один рейс можно перевезти груз цемента массой:

$$g = 160 \cdot 0,05 = 8 \text{ т.}$$

Тогда коэффициент технической грузоподъемности будет равен:

$$K_{и.г}^T = q/G = 8/9 = 0,89;$$

– определяем количество рейсов транспортного средства для удовлетворения потребности в грузе всех потребителей:

$$m_j = Q_j / g;$$

$$m = Q_{п} / g = 63 / 8 = 7,87, \text{ принимаем } 8 \text{ рейсов};$$

– определяем массу груза ( $m$ ), подлежащего выгрузке каждому потребителю за один рейс:

$$g_j = Q_j / m;$$

$$g_1 = 20 / 8 = 2,5 \text{ т.}$$

Если груз штучный (цемент в мешках по 50 кг), то это 51 мешок.

$$g_2 = 25 / 8 = 3,125 \text{ т, или } 62,5 \text{ мешка, принимаем } 63 \text{ мешка};$$

$$g_3 = 18 / 8 = 2,3 \text{ т, или } 46 \text{ мешков};$$

– определяем общее количество мешков:

$$g = g_1 + g_2 + g_3;$$

$$g = 51 + 63 + 46 = 160 \text{ мешков};$$

– определяем массу груза, доставляемую каждому потребителю за один рейс:

$$g_1 = g = 8 \text{ т};$$

$$g_2 = g - g_1^p = 8 - 2,55 = 5,45 \text{ т};$$

$$g_3 = g_2 - g_2^p = 5,45 - 3,15 = 2,3 \text{ т};$$

– определяем коэффициент использования маршрутной грузоподъемности транспортных средств:

$$K_{и.м}^M = 63 / (8 \cdot (8 + 5,4 + 2,3)) = 63 / 126 = 0,5.$$

Коэффициент увеличился, был 0,48.

– определяем количество разгрузок транспорта для каждого потребителя (проверка):

$$n_j = Q_j / g_j^p;$$

$$n_1 = 20 / 2,55 = 7,84 = 8 \text{ разгрузок};$$

$$n_2 = 25 / 3,15 = 7,93 = 8 \text{ разгрузок};$$

$$n_3 = 18 / 2,3 = 7,82 = 8 \text{ разгрузок};$$

– определяем коэффициент использования пробега:

$$K_{и.п} = \frac{18 \cdot 8 + 15 \cdot 8 + 10 \cdot 8}{8 \cdot 63} = 0,68.$$

Коэффициент уменьшился, был 0,71;

– определяем коэффициент полезной работы:

$$K_{п.р} = K_{и.г}^M \cdot K_{и.п} = 0,5 \cdot 0,68 = 0,34.$$

Коэффициенты получились равные.

### **16.7. Кольцевой маршрут доставки грузов с прерывающимся грузопотоком, расчет показателей работы транспорта**

Прерывающийся грузопоток предусматривает полное удовлетворение всех потребителей данным грузом при движении транспорта по кольцевому маршруту.

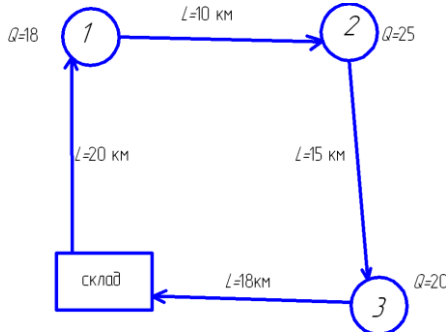


Схема маршрута

**Алгоритм расчета:**

– определяем общую потребность объектов в данном виде груза (объем перевозки), т:

$$Q_{\text{п}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 18 + 25 + 20 = 63 \text{ т};$$

– определяем объем груза для каждой перевозки:

$$Q_{\text{г. п 1}} = Q_1 L_{\text{с-1}} = 18 \cdot 20 = 360 \text{ т} \cdot \text{км};$$

$$Q_{\text{г. п 2}} = Q_2 (L_{\text{с-1}} + L_{1-2}) = 25 \cdot (20 + 10) = 750 \text{ т} \cdot \text{км};$$

$$Q_{\text{г. п 3}} = Q_3 (L_{\text{с-1}} + L_{1-2} + L_{2-3}) = 20 \cdot (20 + 10 + 15) = 900 \text{ т} \cdot \text{км};$$

– определяем объем грузооборота для строящихся объектов:

$$Q_{\text{г. п}}^j = Q_{\text{г. п 1}} + Q_{\text{г. п 2}} + Q_{\text{г. п 3}} = 360 + 750 + 900 = 2010 \text{ т} \cdot \text{км};$$

– определяем массу груза, которую транспортное средство может перевезти за один рейс с учетом его грузоподъемности, габаритных размеров груза и транспортного средства. В кузове МАЗа можно разместить 160 мешков цемента массой 50 кг каждый. Таким образом, за один рейс можно перевезти груз цемента массой:

$$g = 160 \cdot 0,05 = 8 \text{ т}.$$

Тогда коэффициент технической грузоподъемности будет равен:

$$K_{\text{и.г}}^{\text{т}} = q / G = 8 / 9 = 0,89;$$

– определяем количество рейсов транспортного средства ко всем потребителям:

$$m_j = Q_j / g;$$

$$m = Q_{\text{п}} / g = 63 / 8 = 7,87, \text{ принимаем } 8 \text{ рейсов};$$

– определяем коэффициент использования маршрутной грузоподъемности транспортных средств:

$$K_{\text{и.г}}^{\text{М}} = \frac{Q_{\text{п}}}{qm_i} = \frac{63}{64} = 0,98;$$

– определяем количество рейсов к каждому потребителю:

$$m_j = Q_j / g;$$

$$m_1^{\text{P}} = Q_1 / g = 18 / 8 = 2,25, \text{ принимаем } 3 \text{ рейса};$$

$$m_2^{\text{P}} = (Q_2 - (m_1^{\text{PP}} - m_1^{\text{P}})g) / g = (25 - (3 - 2,25) \cdot 8) / 8 = 2,38, \\ \text{принимаем } 3 \text{ рейса};$$

$$m_3^{\text{P}} = (Q_3 - (m_2^{\text{PP}} - m_2^{\text{P}})g) / g = (20 - (3 - 2,38) \cdot 8) / 8 = 1,88, \\ \text{принимаем } 2 \text{ рейса.}$$

Проверка:  $m = m_1^{\text{PP}} + m_2^{\text{PP}} + m_3^{\text{PP}} = 3 + 3 + 2 = 8$  рейсов;

– определяем коэффициент использования пробега:

$$K_{\text{и.п}} = \frac{20 \cdot 3 + 10 \cdot 3 + 15 \cdot 2}{8 \cdot 63} = 0,24;$$

– определяем коэффициент полезной работы:

$$K_{\text{п.р}} = K_{\text{и.г}}^{\text{М}} K_{\text{и.п}} = 0,98 \cdot 0,24 = 0,23.$$

## 16.8. Расчет потребности строительства в транспортных средствах

Для расчета потребности в транспортных средствах:

– *определяют техническую производительность транспорта (т/ч) при перевозке j-го вида груза:*

$$P_j = (60G K_{\text{и.г}}^{\text{T}}) / T_{\text{ц}},$$

где  $G$  – техническая грузоподъемность, т;

$K_{и.г}^T$  – коэффициент использования технической грузоподъемности транспортных средств;

$T_{ц}$  – расчетная продолжительность одного рейса (цикла), мин;  
– *определяют продолжительность одного рейса (цикла):*

$$T_{ц} = t_{пог} + t_{г.х} + n t_{выг} + t_{ох},$$

где  $t_{пог}$  – время затраченное на погрузку; зависит от вида груза, вида транспорта, способа погрузки, количества груза;

$t_{г.х}$  – время на перевозку груза от поставщика к потребителю; зависит от вида груза, состояния подъездных путей и дорог и технических характеристик транспорта;

$n$  – количество планируемых выгрузок груза за один рейс; зависит от числа потребителей, вида маршрута и схемы грузопотока;

$t_{выг}$  – время выгрузки груза у потребителя; зависит от способа выгрузки, количества выгруженного груза;

$t_{ох}$  – время обратного (холостого) хода.

При маятниковом маршруте величина  $T_{ц}$  к каждому потребителю разная, зависит от расстояния, т. е. изменяется величина  $t_{г.х}$  и  $t_{ох}$ , число разгрузок равно единице. Поэтому величина  $T_{ц}$  рассчитывается для каждого потребителя, т. е.

$$t_{г.х}^1 = L_1 / V_1;$$

$$t_{г.х}^2 = L_2 / V_2;$$

$$t_{г.х}^3 = L_3 / V_3.$$

Величину времени обратного хода принимают равной  $1,2 t_{г.х}$ .

Величины  $t_{пог}$  и  $t_{выг}$  остаются постоянными.

Таким образом, техническая производительность для каждого потребителя будет разная. Поэтому необходимо рассчитать средневзвешенную техническую производительность транспорта для данного маршрута:

$$\Pi_T^{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n (\Pi_{Ti} Q_i)}{Q_{п}}.$$

Для кольцевого маршрута величина  $t_{г.х}$  определяется по формуле

$$t_{г.х} = (L_1 / V_1 + L_2 / V_2 + \dots + L_{n-1} / V_{n-1}) K_{зам},$$

где  $L_i$  – протяженность (расстояние) доставки груза  $i$ -му потребителю (согласно схеме), км;

$V_i$  – расчетная скорость движения транспорта на соответствующем участке, км/мин;

$K_{\text{зам}}$  – коэффициент замедления; учитывает торможение, набор расчетной скорости и зависит от  $L_i$ ,  $K_{\text{зам}} = 1,05 \dots 1,25$ .

Продолжительность выгрузки зависит от числа запланированных выгрузок груза за один рейс. Принимается равной числу потребителей груза.

$$t_{\text{выг}} = n_i t_{\text{выг}}^i,$$

где  $t_{\text{выг}}^i$  – продолжительность выгрузки груза  $i$ -му потребителю, зависит от количества выгруженного груза, способа и вида груза;

– определяют продолжительность обратного хода при кольцевом маршруте:

$$t_{\text{ох}} = L_n / V_n^{\text{ох}},$$

где  $L_n$  – протяженность участка маршрута от последнего потребителя до поставщика, км;

$V_n^{\text{ох}}$  – расчетная скорость транспорта на этом участке маршрута, км/мин.

– определяют эксплуатационную дневную производительность данного вида транспорта при доставке  $j$ -го вида груза (т/раб. дн.):

$$\Pi_{\text{э}j} = \Pi_{\text{тех}} K_{\text{пр}} t_{\text{см}} K_{\text{см}} K_{\text{в}},$$

где  $\Pi_{\text{тех}}$  – техническая производительность транспорта для данного маршрута;

$K_{\text{пр}}$  – коэффициент полезной работы;

$K_{\text{в}}$  – коэффициент использования рабочего времени,  $K_{\text{в}} = 0,8 \dots 0,85$ ;

– определяют расчетную интенсивность транспортных работ по доставке  $j$ -го вида груза на строящиеся объекты (т/раб. дн.):

$$I_j = Q_{\text{н}j} K_{\text{н}} / T_{\text{тр}},$$

где  $Q_{\text{н}j}$  – объем грузопотока  $j$ -го вида груза;

$T_{\text{тр}}$  – планируемая продолжительность (сроки) доставки  $j$ -го груза потребителям, раб. дн. (определяется по КППР);

– определяют необходимое количество транспортных средств данного вида для доставки  $j$ -го груза в полном объеме в заданные сроки:

$$N_{\text{тр}j}^{\text{п}} \geq I_j / \Pi_{\text{э}j}.$$

Если этот вид транспорта планируется использоваться для транспортирования других грузов, то приведенные выше шаги расчета необходимо выполнять для каждого вида груза и принятых маршрутов их доставки;

– *определяют необходимое расчетное количество этого вида транспорта:*

$$N_{\text{сп}}^{\text{тр}} = \sum_{t=1}^m N_{\text{тр}}^{\text{р}} K_{\text{т.п}},$$

где  $K_{\text{т.п}}$  – коэффициент технической потребности транспорта данного вида, равный 0,92...0,96;

– *определяют списочный состав транспортных средств, который необходим строительной организации для доставки всех грузов, на все строящиеся объекты в нужном количестве и в заданные сроки:*

$$N_{\text{сп}}^{\text{тр}} = \sum_{t=1}^m N_{\text{тр}}^{\text{сп}},$$

где  $t = 1 \dots m$  – количество видов транспорта, планируемого для выполнения всех транспортных работ.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трушкевич, А.И. Организация проектирования и строительства : учебник / А. И. Трушкевич. – Минск : Выш. шк., 2003. – 415 с.
2. Организация строительного производства : ТКП 45-1.03-161-2009 (02250). – Введ. 01.10.09. – Минск, 2009. – 67 с.
3. Нормы продолжительности строительства объектов агропромышленного комплекса : ТКП 45-1.03-125-2008 (02250); М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь. – Минск, 2009. – 44 с.
4. Мелиоративные системы и сооружения. Организация работ по проектированию, строительству и эксплуатации : КМДМ 1.06-01. – Минск, 2006. – 55 с.
5. СНиП 12-01-2004. Организация строительства. Свод правил (СП 48.13330.2011). – Москва, 2011. – 37 с.
6. Инженерная подготовка строительного производства : учебник / Т. Н. Цай, Б. Ф. Ширшиков, Б. И. Баетов [и др.]. – Москва : Стройиздат, 1990. – 326 с.
7. Олейник, П. П. Организация строительства. Концептуальные основы. Модели и методы. Информационно-инженерные системы : учебник / П. П. Олейник. – Москва : Профиздат, 2001. – 314 с.
8. Система проектной документации для строительства. Инженерно-геодезические изыскания. Основные требования по составлению и оформлению документации : СТБ 21.303-99. – Введение 01.07.2000. – Минск, 2000. – 34 с.
9. Ачкасов, Г. П. Технология и организация ремонта мелиоративных гидротехнических сооружений : учеб. пособие / Г. П. Ачкасов, Е. С. Иванов. – Москва : Колос, 1984. – 174 с.
10. Баженов, Ю. М. Технология бетона : учеб. пособие / Ю. М. Баженов. – Москва : Высш. шк., 1987. – 414 с.
11. Болотин, С. А. Организация строительного производства : учеб. пособие / С. А. Болотин, А. Н. Вихров. – Москва : Академия, 2007. – 201 с.
12. Бохан, В.Ф. Комментарии к правилам заключения и исполнения договоров (контрактов) строительного подряда. – Минск, 2000. – 86 с.
13. Дикман, Л. Г. Организация строительного производства : учебник / А. Г. Дикман. – Москва : Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2009. – 608 с.
14. Ерахтин, Б. М. Опыт строительства гидроузлов : произв. изд. / Б. М. Ерахтин. – Москва : Энергоатомиздат, 1987. – 286 с.
15. Лазерная техника в мелиоративном строительстве : произв. изд. / А. Н. Ефремов [и др.]. – Москва : Агропромиздат, 1989. – 219 с.
16. Зубец, В. М. Эксплуатация закрытых осушительных систем : произв. изд. / В. М. Зубец, А. К. Вакар. – Москва : Агропромиздат, 1989. – 135 с.
17. Кавешников, Н.Т. Эксплуатация и ремонт гидротехнических сооружений : учеб. пособие / Н. Т. Кавешников. – Москва : Агропромиздат, 1989. – 271 с.
18. Карловский, В.Ф. Строительство закрытой осушительной сети : произв. изд. / В. Ф. Карловский. – Москва : Колос, 1984. – 111 с.
19. Контроль качества в мелиоративном строительстве : справочник / Е. А. Богатов [и др.]. – Киев : Урожай, 1990. – 192 с.
20. Корженевский, А. Н. Эксплуатация осушительных систем: организация и технология : произв. изд. – Москва : Агропромиздат, 1986. – 86 с.
21. Меламут, Д.Л. Гидромеханизация в мелиоративном и водохозяйственном строительстве : учеб. пособие / Д. Л. Меламут. – Москва : Стройиздат, 1981. – 303 с.
22. Набздоров, С.В. Организация водохозяйственного строительства : метод. указания и задания для практ. занятий / С. В. Набздоров. – Горки : БГСХА, 2015. – 36 с.

23. Набздорov, С. В. Технология производства водохозяйственных работ : метод. указания по выполнению лаб. работ / С. В. Набздорov. – Горки : БГСХА, 2016. – 56 с.
24. Нетреба, Н. Н. Технология дренажных работ : произв. изд. / Н. Н. Нетреба. – Ленинград : Колос, Ленингр. отд-ние, 1982. – 192 с.
25. О мелиорации земель : Закон Респ. Беларусь, 23 июля 2008 г., № 423-3 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2008. – № 184. – 2/1520.
26. Орешников, В. П. Организация и планирование мелиоративного и водохозяйственного строительства : метод. указания по выполнению курс. проектирования / В. П. Орешников, С. В. Набздорov. – Горки : БГСХА, 2013. – 73 с.
27. Орешников, В. П. Организация и планирование строительного производства : метод. указания по курс. проектированию / В. П. Орешников. – Горки : БГСХА, 2009. – 78 с.
28. Орешников, В. П. Организация и планирование строительного производства : метод. указания по расчету временных параметров сетевых моделей организации производства работ с помощью ПК / В. П. Орешников, Г. И. Михайлов, Е. Н. Королева. – Горки : БГСХА, 2011. – 12 с.
29. Орешников, В. П. Организация и планирование строительного производства : метод. указания по определению потребности строительства в ресурсах и автотранспорте / В. П. Орешников, М. А. Шух, О. А. Шавлинский. – Горки : БГСХА, 2008. – 23 с.
30. Орешников, В. П. Организация и планирование водохозяйственного строительства : метод. указания по изучению дисциплины и выполнению контрольной работы / В. П. Орешников, С. В. Набздорov. – Горки : БГСХА, 2015. – 67 с.
31. Производство гидротехнических работ : учеб. пособие / А. И. Чураков [и др.]. – Москва : Стройиздат, 1985. – 623 с.
32. Славуцкий, А. К. Строительство сельских дорог : произв. изд. / А. К. Славуцкий, К. М. Богданов, П. Н. Константинов; под ред. А. К. Славуцкого. – Москва : Транспорт, 1982. – 296 с.
33. Технология и организация строительных процессов : учеб. пособие / Н. Л. Тарануха [и др.]. – Москва : Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2008. – 196 с.
34. Технологические карты на удаление древесно-кустарниковой растительности с берм и откосов каналов мелиоративных систем и на окашивание линейных сооружений мелиоративных систем / РУП «Ин-т мелиорации». – Минск, 2012. – 12 с.
35. Цай, Т. Н. Организация строительного производства : учебник / Т. Н. Цай, П. Г. Грабовый, В. А. Большаков. – Москва : Изд-во Ассоциации строительных вузов, 1999. – 432 с.
36. Шух, М. А. Технология производства мелиоративных работ : учеб. пособие / М. А. Шух. – Горки : БГСХА, 1999. – 70 с.
37. Шух, М. А. Технология производства работ : метод. указания по выполнению лаб. работ / М. А. Шух, Л. Г. Основина, В. П. Орешников. – Горки : БГСХА, 2004. – 132 с.
38. Шух, М. А. Технология производства работ : метод. указания по курс. проектированию / М. А. Шух, В. П. Орешников. – Горки : БГСХА, 2009. – 68 с.
39. Шух, М. А. Комплексная механизация при строительстве гидромелиоративных систем : учеб. пособие / М. А. Шух. – Горки : БГСХА, 2000. – 24 с.
40. Ясинецкий, В. Г. Организация и технология гидромелиоративных работ : учебник / В. Г. Ясинецкий, Н. К. Фенин. – Москва : Агропромиздат, 1986. – 352 с.
41. Ясинецкий, В. Г. Производство гидромелиоративных работ : учеб. пособие / В. Г. Ясинецкий, Г. П. Ачкасов, Е. С. Иванов. – Москва : Агропромиздат, 1987. – 143 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕМОНТА МЕЛИОРАТИВНЫХ КАНАЛОВ	5
1.1. Строительные и водно-физические свойства грунтов.....	5
1.2. Технологические схемы строительства каналов.....	7
1.3. Технология и организация строительства пионерных траншей.....	11
1.4. Технология и организация доработки пионерных траншей.....	12
1.5. Подготовительные работы.....	13
1.6. Использование одноковшовых экскаваторов.....	15
1.7. Выбор способа устройства каналов экскаваторами.....	25
1.8. Землеройно-транспортные машины.....	35
1.9. Производительность транспорта цикличного действия, методика ее расчета.....	42
1.10. Производительность землеройных и землеройно-транспортных машин, методика ее расчета и пути повышения.....	43
1.11. Строительство каналов машинами непрерывного действия.....	48
1.12. Подготовка и крепление откосов каналов.....	49
1.13. Производство ремонтно-эксплуатационных работ.....	52
1.14. Контроль качества.....	56
2. ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ.....	57
2.1. Цели и задачи технического нормирования.....	57
2.2. Методы технического нормирования.....	57
2.3. Виды технических норм и их характеристика.....	61
2.4. Источники технических норм, их назначение и порядок использования.....	62
2.5. Тарифная система и ее составные элементы.....	64
3. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕМОНТА ЗАКРЫТОГО ДРЕНАЖА.....	65
3.1. Условия и особенности производства работ.....	65
3.2. Способы и технология строительства закрытого дренажа.....	68
3.3. Производство подготовительных и транспортных работ при строительстве дренажа.....	76
3.4. Производство основных работ.....	85
3.5. Технология ремонтных и эксплуатационных работ.....	90
3.6. Контроль качества дренажных работ.....	93
4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА КУЛЬТУРТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ.....	95
4.1. Характеристика условий производства работ.....	95
4.2. Технология расчистки мелиорируемых земель от ДКР, пней и погребенной древесины.....	97
4.3. Освоение залесенных земель.....	107
4.4. Ликвидация валов и куч из выкорчеванной древесной растительности.....	108
4.5. Очистка мелиорируемых земель от мелких древесных остатков.....	109
4.6. Очистка торфяной залежи от погребенной древесины.....	110
4.7. Уничтожение кочек и мохового очеса.....	110
4.8. Очистка мелиорируемых земель от камней.....	111
4.9. Первичная обработка почвы.....	114
4.10. Планировка поверхности мелиорируемых земель.....	118
5. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕМОНТА ГРУНТОВЫХ НАСЫПНЫХ ПЛОТИН, ДАМБ.....	120
5.1. Подготовка основания сооружений.....	120
5.2. Производство работ в карьере и резервах.....	123
5.3. Укладка грунта в тело сооружения.....	144
5.4. Планировка и крепление откосов.....	153

5.5. Технология устройства дорог.....	155
5.6. Особенности строительства насыпных сооружений в зимнее время.....	173
5.7. Ремонт насыпных сооружений.....	177
5.8. Контроль качества при строительстве плотин, дамб и дорог.....	179
<b>6. ПРОИЗВОДСТВО КОМПЛЕКСНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ РАБОТ В ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....</b>	<b>181</b>
6.1. Задачи и показатели комплексной механизации.....	181
6.2. Методика выбора комплектов машин.....	186
<b>7. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ.....</b>	<b>188</b>
7.1. Способы осушения котлованов и условия их применения.....	188
7.2. Первичное осушение котлованов.....	191
7.3. Поддержание котлована в осушенном состоянии.....	192
<b>8. КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ МЕЛИОРАТИВНОГО И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА.....</b>	<b>206</b>
8.1. Цели и задачи организации водохозяйственного строительства.....	206
8.2. Строительное производство и его структурные элементы.....	207
8.3. Классификация структурных элементов строительного процесса.....	209
8.4. Организация водохозяйственного строительства, ее виды и их характеристика.....	210
8.5. Планирование строительного производства, его виды и их характеристика.....	212
8.6. Принципы организации и планирования водохозяйственного строительства.....	213
<b>9. ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ МЕЛИОРАТИВНОГО И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....</b>	<b>214</b>
9.1. Понятие об организационно-технологическом моделировании.....	214
9.2. Цель, задачи, исходные данные для проектирования организации строительства.....	215
9.3. Состав проекта организации строительства.....	217
9.4. Нормативная продолжительность строительства объекта. Способы и методы расчета.....	220
9.5. Организационно-технологические модели строительства объекта.....	224
9.6. Календарный план строительства. Исходные данные и техника составления.....	225
9.7. Методика определения общей потребности строительства в материально-технических ресурсах.....	227
<b>10. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ НА ОБЪЕКТАХ МЕЛИОРАТИВНОГО И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА.....</b>	<b>229</b>
10.1. Цели, задачи и исходные данные для проектирования организации производства работ.....	229
10.2. Проект производства работ, структура и содержание.....	230
10.3. Расчет количественного состава исполнителей для производства работ.....	231
10.4. Организационная схема работы исполнителей на объекте.....	233
10.5. Карточка-определятель работ объекта строительства.....	235
10.6. Методы организации работ и условия их применения.....	236
<b>11. СЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА В МЕЛИОРАТИВНОМ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....</b>	<b>241</b>
11.1. Основные определения и понятия сетевого моделирования.....	241
11.2. Формы и приоритеты сетевых моделей.....	242
11.3. Элементы сетевых моделей и их характеристика.....	243
11.4. Правила и техника построения топологии (структуры) сетевых моделей.....	246
11.5. Временные параметры сетевых моделей и способы их расчета.....	254
11.6. Методы и способы корректировки сетевых моделей по времени.....	265

12. КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА МЕЛИОРАТИВНЫХ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ.....	267
12.1. Цель и задачи календарного планирования.....	267
12.2. Техника и алгоритм построения календарного плана производства работ.....	267
12.3. Алгоритм построения графика поставок рабочей силы на объект строительства и его анализ.....	270
12.4. Алгоритм построения графика поставок машин на объект строительства и его анализ.....	272
12.5. Алгоритм построения графика поставок ТСМ на объект строительства и его анализ.....	274
12.6. Методы корректировки календарных планов производства работ по ресурсам.....	277
13. ОРГАНИЗАЦИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В МЕЛИОРАТИВНОМ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	278
13.1. Инвестиционный процесс в строительстве, его этапы и их характеристика.....	278
13.2. Участники инвестиционных процессов и их функциональные обязанности.....	280
13.3. Организация подрядных торгов (тендеров).....	282
13.4. Способы строительства объектов, их характеристика и условия применения.....	283
13.5. Строительные контракты (договоры подряда) и их содержание.....	285
13.6. Подготовка строительного производства, ее виды и их содержание.....	288
14. ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА В МЕЛИОРАТИВНОМ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	290
14.1. Цель и задачи организации труда в строительстве.....	290
14.2. Тарификация работ и рабочих в строительстве.....	290
14.3. Формы организации труда в строительстве, их характеристика и условия применения.....	292
14.4. Принципы организации заработной платы и их характеристика.....	293
14.5. Понятие о коллективном заработке и способы его распределения.....	294
15. ОРГАНИЗАЦИЯ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНОГО И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА.....	295
15.1. Цель, задачи и принципы организации материально-технического обеспечения.....	295
15.2. Номенклатура и классификация объектов материально-технической базы строительства и их характеристика.....	297
15.3. Мощность объектов материально-технической базы и методика ее расчета.....	298
15.4. Задачи организации складского хозяйства и методика их решения.....	299
15.5. Организация снабжения строительства энергоресурсами и водой.....	302
16. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ СТРОИТЕЛЬНОГО ТРАНСПОРТА В ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	306
16.1. Цель и задачи организации работы транспорта в строительстве.....	306
16.2. Классификация транспортных грузов в строительстве.....	307
16.3. Классификация транспортных средств в строительстве.....	308
16.4. Техничко-эксплуатационные показатели работы транспорта и их характеристика.....	309
16.5. Маятниковый маршрут доставки грузов, схемы грузопотоков, расчет показателей работы транспорта.....	313
16.6. Кольцевой маршрут доставки грузов с затухающим грузопотоком, расчет показателей работы транспорта.....	316
16.7. Кольцевой маршрут доставки грузов с прерывающимся грузопотоком, расчет показателей работы транспорта.....	321
16.8. Расчет потребности строительства в транспортных средствах.....	323
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	327

Учебное издание

**Набздор** Сергей Васильевич  
**Вчерашний** Евгений Александрович

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ МЕЛИОРАТИВНОГО  
И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Учебно-методическое пособие

Редактор *Н. А. Матасёва*  
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*  
Корректор *А. С. Зайцева*  
Компьютерный набор и верстка *С. В. Набздорова, Н. М. Тимошенко*

Подписано в печать 02.12.2021. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.  
Ризография. Гарнитура «Гаймс». Усл. печ. л. 19,29. Уч.-изд. л. 17,36.  
Тираж 50 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».  
Свидетельство ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.  
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».  
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.