

«Железнодорожный путь »

Практические занятия

для студентов 3 курса 2 семестра
специальности

**«Строительство железных дорог, мостов и
транспортных тоннелей»**

Практическое занятие 1

Типовые поперечные профили насыпей и выемок на прочном основании.

Уплотнение грунтов насыпей.

Нормативы:

СП 32-01-95 Железные дороги колеи 1520 мм.

СП 32-104-98 Проектирование земляного полотна железных дорог колеи 1520 мм (разработан с целью обеспечения выполнения требований СП 32-01-95 – Раздел 4. Земляное полотно)

СП 119.13330.2012 (2017) Железные дороги колеи 1520 мм.
Актуализированная редакция СНиП 32-01–95.

СП 238.1326000.2015 Железнодорожный путь.

Земляное полотно железных дорог представляет собой комплекс земляных сооружений в виде насыпей, выемок, водоотводов, обеспечивающих отвод поверхностных и грунтовых вод от земляного полотна, сооружений инженерной защиты земляного полотна от природных геофизических процессов (с учетом требований СП 116.13330) и специальных мероприятий по повышению устойчивости основания земляного полотна.

Основная площадка земляного полотна:

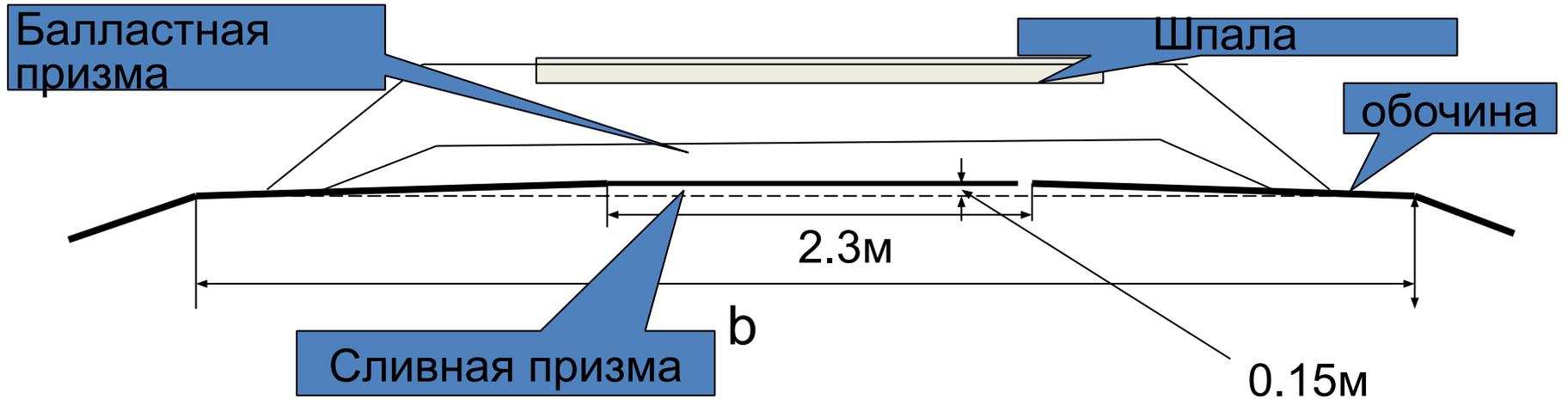
Верх земляного полотна, включающий в себя границу раздела балластного слоя нормируемой толщины и грунтов земляного полотна, а также обочины.

Основная площадка земляного полотна

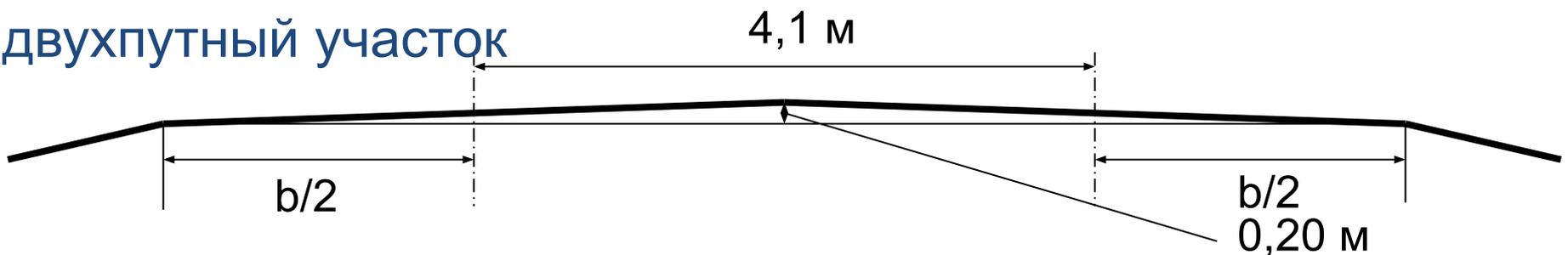
А) Для дренирующих грунтов и при наличии защитного слоя – основная площадка выполняется **горизонтальной**.

Б) при отсутствии защитного слоя:

однопутный участок



двухпутный участок



В) На длительно эксплуатируемых линиях за основную площадку принимается условная граница, проходящая по подошве балластной призмы типовых размеров.

Ширина основной площадки на прямых (СП 238.1326000.2015)

| Категория железнодорожной линий | Число главных путей | Ширина площадки из не дренирующих грунтов (глинистые, пылеватые пески и др.) | Ширина площадки из дренирующих грунтов (скальные, крупнообломочн ые, пески) |
|--|------------------------------------|---|--|
| Скоростная, пассажирская, особогрузонапряжен- ная | 2 | 12,0 | 12,0 |
| I | 2 | 11,7 | 10,7 |
| I и II | 1 | 7,6 | 6,6 |
| III | 1 | 7,3 | 6,4 |
| IV | 1 | 7,1 | 6,2 |

Уширение основной площадки

- Ширина основной площадки в кривых увеличивается для возможности устройства возвышения наружного рельса за счет развития в высоту балластной призмы, что приводит к увеличению ширины её подошвы.
- Также на подходах к большим мостам основная площадка уширяется на 0,5 м в каждую сторону на протяжении 10 м от задней грани устоев, с постепенным сведением на последующих 25 м к нормальной величине.

Крутизна откосов насыпей

| Вид грунта насыпи | Высота насыпи | | |
|--|---------------|---------------|--------------|
| | До 6 м | До 12 м | |
| | | верхней части | нижней части |
| Скальные, крупнообломочные с песчаным заполнителем, пески крупные и средние | 1:1,5 | 1:1,5 | 1:1,5 |
| Пески мелкие и пылеватые, глинистые грунты твердой и полутвердой консистенции и, крупнообломочные с глинистым заполнителем той же консистенции | 1:1,5 | 1:1,5 | 1:1,75 |
| То же, но переувлажненные | 1:1,75 | 1:1,75 | 1:2 |
| Глинистые грунты тугопластичной консистенции и крупнообломочные с глинистым заполнителем той же консистенции | 1:2 | По расчету | |
| Пески мелкие барханные в районах с засушливым климатом | 1:2 | 1:2 | 1:2 |

Отвод поверхностных вод

- Отвод поверхностных вод, поступающих к насыпям и стекающих с их откосов, осуществляется водоотводными канавами или резервами к водопропускным сооружениям или логам.
- Чтобы канавы не заиливались, их продольный уклон должен быть не менее 3‰.
- На болотах и в поймах рек допускается уменьшать уклон до 2‰, а в исключительных случаях и до 1‰. При явно выраженном уклоне местности, когда поступление воды возможно только с верховой стороны водоотводные канавы проектируют только с нагорной стороны.
- Откосы канавы проектируют не круче 1:1,5.

РЕЗЕРВ

- Резерв - место у основания насыпи, из которого с целью уменьшения затрат на возку грунта ведется отсыпка насыпи. Устраивается когда грунт основания пригоден для отсыпки насыпи.
- Резерв включается в общую систему водоотводов, его дну придают поперечный уклон не менее 0,02 и продольный не менее 0,002. При ширине резерва до 10 м дно проектируется односкатным, более широкие резервы проектируются двухскатными. Откосы резерва проектируют не круче 1:1,5.

БЕРМА

- Это горизонтальная или слабонаклонная площадка, идущая вдоль пути у низа откоса земляного полотна или на самом откосе.
- Для защиты подошвы насыпей от непосредственного воздействия текущей по канаве или резерву воды и прохода строительной техники между подошвой откоса и бровкой канавы (резерва) оставляются бермы шириной не менее 3 м, а для линий I и II категорий со стороны будущего второго пути не менее 8 м.

Уплотнение грунтов насыпей

- Для обеспечения **надежности** конструкций земляного полотна и расширения сферы применения местных грунтов производится уплотнение грунтов до нормируемой плотности в насыпях, а также слоя толщиной 0,5 м под основной площадкой в выемках и в основании насыпей высотой менее 0,5 м.
- Плотность сложения грунтов насыпи принимается из условия работы его под действием временных поездных нагрузок практически в упругой стадии, т.е. в ходе эксплуатации грунт насыпи не должен иметь остаточных деформаций в виде осадок.

- Требуемая плотность песчаных и глинистых грунтов сложения в земляном полотне регламентируется нормами (СП.238.132600.2015), которые устанавливают значения требуемой плотности сухого грунта ρ_{d-n} в долях от максимальной плотности сухого грунта ρ_{d-max} определяемой по кривой стандартного уплотнения грунтов в соответствии с ГОСТ 22733.

$$\rho_{d-n} = K \rho_{d-max}$$

- где K – минимальное значение коэффициента уплотнения, определяемое в зависимости от категории линии и расположения слоя грунта в земляном полотне.

Минимальные значения коэффициентов уплотнения при расчете требуемой плотности песчаных и глинистых грунтов принимают по приведенной таблице (таблица 5.4 СП 119.13330.2017)

| Вид земляного полотна | Глубина расположения слоя от основной площадки, м, категорий | | Коэффициент уплотнения грунта К для железнодорожных линий*** категорий | |
|---|---|------------------------------|---|--|
| | скоростных, пассажирских, особогрузонапряженных, I, II и дополнительных главных путей | III, IV | скоростных, пассажирских, особогрузонапряженных, I, II и дополнительных главных путей | III, IV |
| Насыпи: - верхняя часть - нижняя часть Основания выемок, насыпи высотой до 0,5 м | До 1,0 Свыше 1,0 0-0,5 | До 0,5 Свыше 0,5 0-0,5 | 0,98; 0,95* 0,95; 0,92* 0,98; 0,95* | 0,95; 0,92* 0,95**; 0,90 0,95; 0,92* |

* Для насыпей из однородных песков.

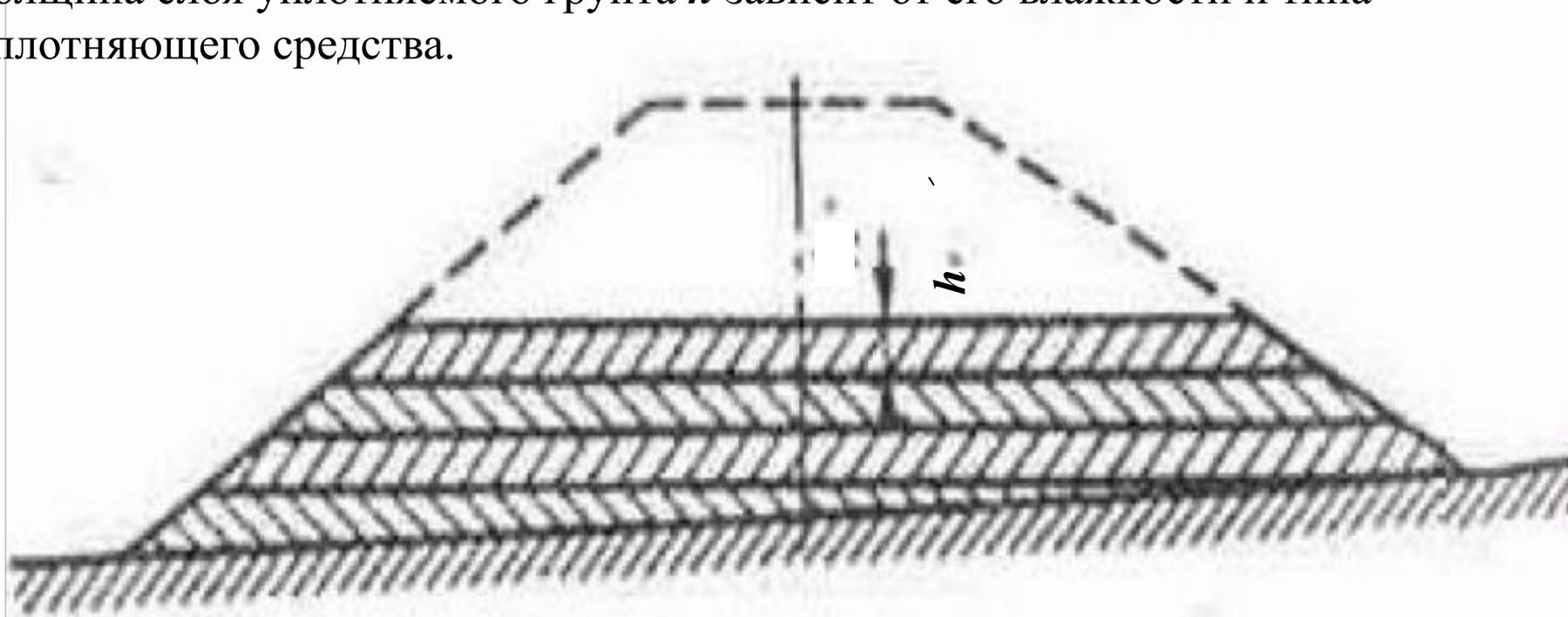
** На участках с сильнопересеченным рельефом, на участках периодического подтопления насыпей, а также в пределах участков длиной до 100 м на подходах к мостам.

*** Для подъездных путей коэффициент уплотнения по всей высоте насыпи устанавливают равным 0,90.

Схема уплотнения грунтов

Грунты насыпей послойно уплотняются до достижения нормируемой минимальной плотности, которая принимается постоянной по всей ширине слоя.

Толщина слоя уплотняемого грунта h зависит от его влажности и типа уплотняющего средства.



В зависимости от высоты насыпей, рода грунта и степени уплотнения сданные в эксплуатацию насыпи могут иметь осадки в размере 0.5 до 3.0 процента от их высоты

ЗАДАНИЕ 1

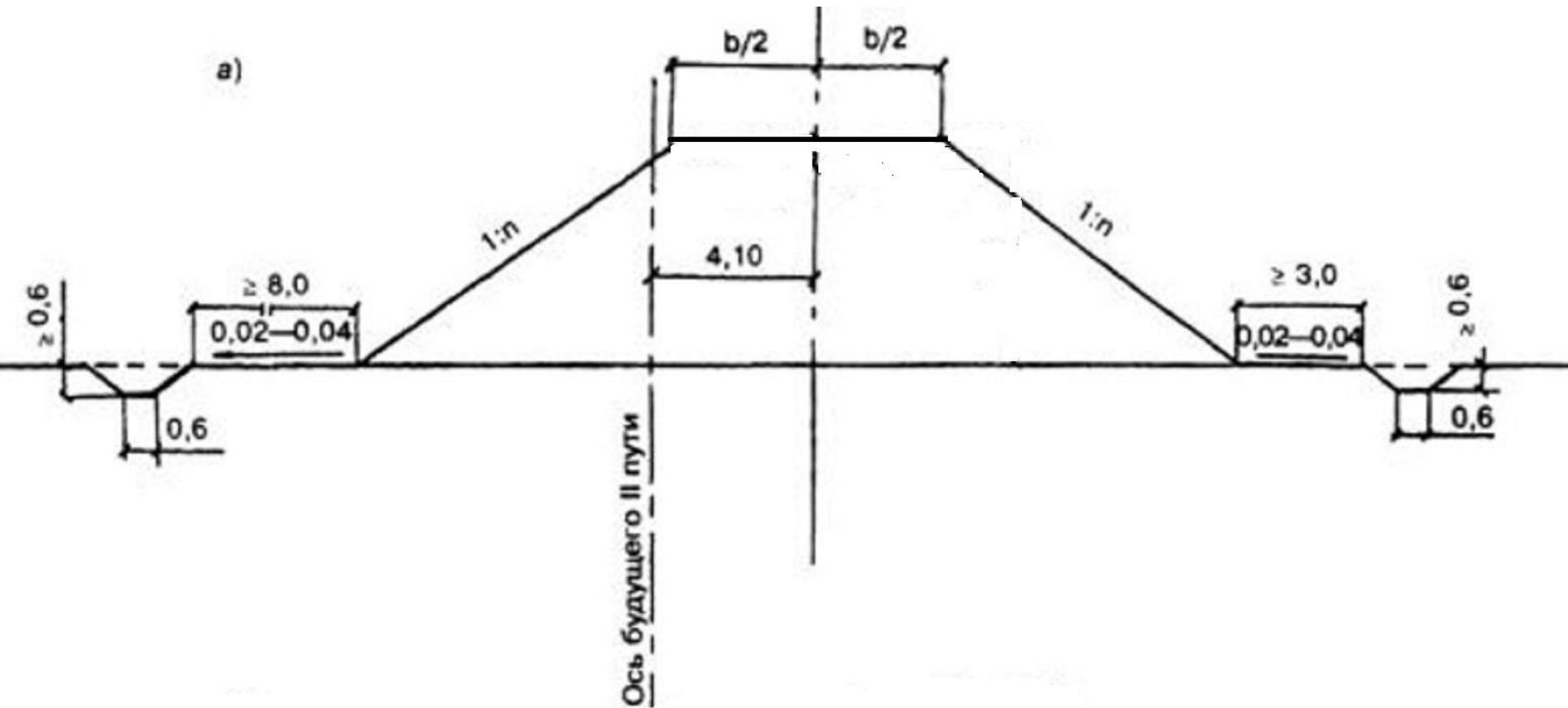
Проектирование поперечного профиля земляного полотна для обычных условий

Исходные данные

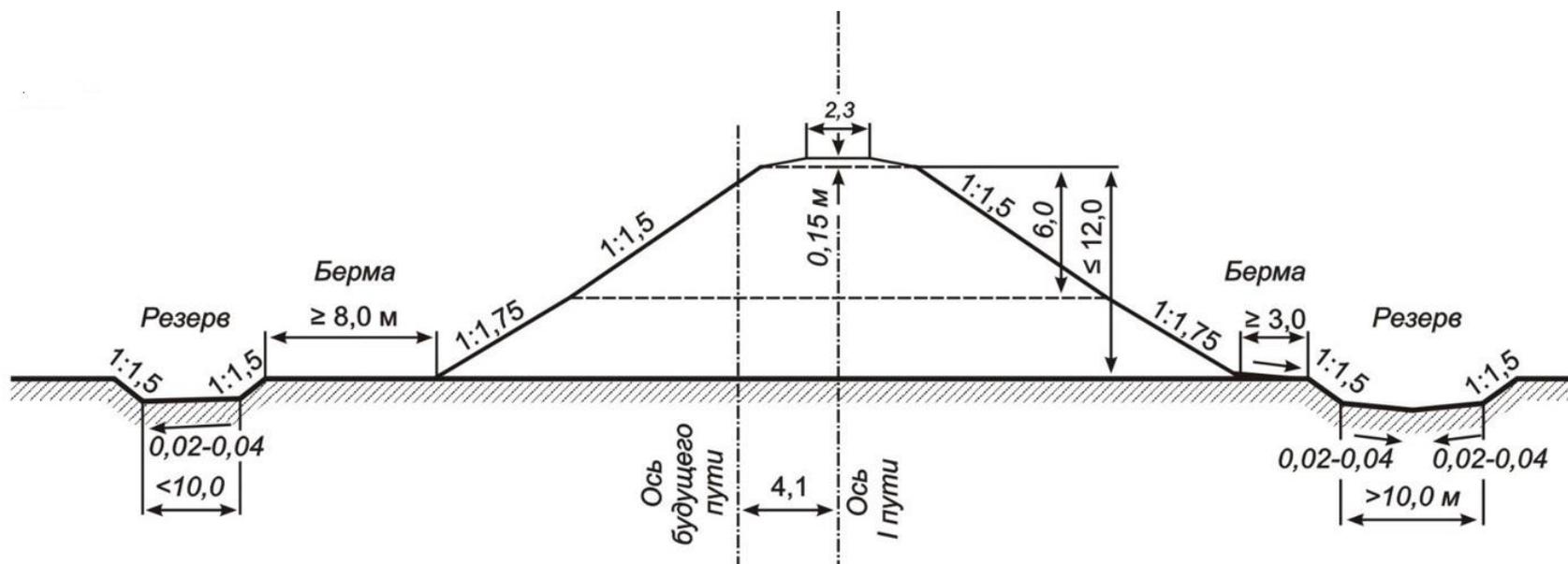
| № варианта | Категория линии | Высота насыпи Н, м | Ширина основной площадки В, м | Толщина защитного слоя h_3 , м | Примечание |
|------------|-----------------|--------------------|-------------------------------|----------------------------------|------------|
| | | | | | |
| 1 | I | 6,8 | ? | 0,7 | |
| 2 | II | 7,2 | ? | 0,5 | |
| 3 | III | 7,4 | ? | 0,8 | |
| 4 | IV | 8,0 | ? | 0,6 | |
| 5 | I | 8,4 | ? | 0,9 | |
| 6 | II | 8,6 | ? | 0,8 | |
| 7 | III | 9 | ? | 1,0 | |
| 8 | IV | 9,4 | ? | 0,6 | |
| 9 | I | 9,8 | ? | 0,8 | |
| 10 | II | 10 | ? | 0,6 | |
| 11 | III | 10,4 | ? | 0,9 | |
| 12 | IV | 10,8 | ? | 0,7 | |
| 13 | I | 11,0 | ? | 1,0 | |
| 14 | II | 11,4 | ? | 0,5 | |
| 15 | III | 11,8 | ? | 0,8 | |
| 16 | IV | 12,0 | ? | 0,6 | |
| 17 | I | 7,6 | ? | 0,9 | |
| 18 | II | 9,0 | ? | 0,7 | |
| 19 | III | 9,6 | ? | 1,0 | |
| 20 | IV | 10,2 | ? | 0,5 | |
| 21 | I | 10,4 | ? | 0,8 | |
| 22 | II | 10,8 | ? | 0,6 | |
| 23 | III | 11,0 | ? | 0,9 | |
| 24 | IV | 11,4 | ? | 0,7 | |
| 25 | I | 11,6 | ? | 1,0 | |
| 26 | II | 11,8 | ? | 0,5 | |
| 27 | III | 6,6 | ? | 0,8 | |
| 28 | IV | 7,4 | ? | 0,6 | |

Для однопутной линии выполнить проектирование поперечного профиля насыпи (используя групповые (типовые) технические решения):

- а) из грунтов (раздробленные скальные слабовыветривающиеся и выветривающиеся, крупнообломочные с песчаными заполнителями, пески гравелистые, крупные и средней крупности, металлургические шлаки)**
- б) из грунтов (пески мелкие и пылеватые, глинистые грунты (в том числе лессовидные) твердой и полутвердой консистенции, крупнообломочные с глинистым заполнителем такой же консистенции, раздробленные скальные легковыветривающиеся)**
- в) из глинистых грунтов с устройством защитного слоя**



a) Поперечный профиль насыпи из грунтов (раздробленные скальные слабовыветривающиеся и выветривающиеся, крупнообломочные с песчаными заполнителями, пески гравелистые, крупные и средней крупности, металлургические шлаки)



б) Поперечный профиль насыпи из глинистых грунтов (в том числе лессовидные) твердой и полутвердой консистенции, песков мелких и пылеватые, крупнообломочных грунтов с глинистым заполнителем такой же консистенции, грунтов раздробленных скальных легковетривающихся

ЗАДАНИЕ 2.

Проектирование поперечного профиля выемки для обычных условий

Конструкция элементов поперечного профиля

При проектировании продольного профиля максимальные значения высоты насыпей и глубины выемок определяются технико-экономическими расчетами с учетом выполнения требований охраны окружающей среды. При этом в качестве сравниваемых решений принимаются: для насыпей — виадук (эстакада), а для выемок — тоннель.

- а) Выемки глубиной до 12 м в крупнообломочных грунтах, в том числе с песчаным заполнителем, и песчаных дренирующих (кроме мелких и пылеватых) необходимо сооружать с кюветами без закюветных полок за ними.
- б) В выемках глубиной более 2 м в глинистых грунтах, крупнообломочных грунтах с глинистым заполнителем, в мелких и пылеватых песках и в легковыветривающихся скальных грунтах предусматриваются закюветные полки шириной 3 м

С верхней стороны выемок следует устанавливать устройство нагорной канавы на удалении от 5 до 10 м

. Устройство в пределах выемок кавальеров и банкетов с верхней стороны не допускается.

Значения крутизны откосов применительно к групповым конструкциям земляного полотна для обычных наиболее часто встречающихся условий, в том числе скальных, приведены для выемок в таблице .

Таблица 11 – Крутизна откосов выемок

| Вид грунта | Высота откосов выемки, м | Крутизна откосов выемки |
|---|--------------------------|-------------------------|
| Скальные слабовыветривающиеся | до 12 | 1:0,2 |
| Скальные выветривающиеся | до 12 | 1:0,5 - 1:1 |
| Скальные легковыветривающиеся | до 12 | 1:1,5 |
| Крупнообломочные, песчаные, глинистые (в том числе лессовидные) твердой, полутвердой, тугопластичной консистенции | до 12 | 1:1,5 |
| Глинистые грунты в районах избыточного увлажнения | до 12 | 1:2 |
| Пески мелкие (барханные) в засушливых районах | до 12 | 1:1,75 - 1:2 |
| Лессы на неорошаемых участках в районах с засушливым климатом | до 12 | 1:0,1 - 1:0,5 |
| Лессы вне районов с засушливым климатом | до 12 | 1:0,5 - 1:1,5 |

Примечания

1 Откосы крутизной 1:0,2 применяются при контурном взрывании, при этом в слабовыветривающихся грунтах допускаются вертикальные откосы выемок.

2 В скальных выемках в пределах поверхностного (делювиально-элювиального) слоя крутизна откосов определяется с учетом местной устойчивости поверхностного слоя (приложение Б).

3 У подошвы откосов выемок глубиной более 6 м в скальных легковыветривающихся грунтах следует предусматривать устройство кювет-траншей (шириной понизу 4 м и глубиной 0,6 м).

В слабовыветривающихся и выветривающихся скальных грунтах при невыдержанности их залегания, сильной дислоцированности и неблагоприятном расположении поверхностей ослабления следует предусматривать у подошвы откосов улавливающие траншеи с габаритами из условия непопадания обломков грунтов в пределы основной площадки.

4 Выемки в подвижных песках должны устраиваться с кювет-траншеями.

Для однопутной линии выполнить проектирование поперечного профиля выемки (используя групповые (типовые) технические решения):

- а) в грунтах крупнообломочных, крупнообломочных с песчаным заполнителем и песчаных дренирующих грунтах (рисунок 1)**
- б) в мелких и пылеватых песках, в глинистых грунтах с $W_L \leq 0,23$ и в легковыветривающихся скальных (рисунок 2)**
- в) в глинистых грунтах, характеризуемых $W_L > 0,23$ с устройством защитного слоя (рисунок 3)**

Исходные данные

| № варианта | Категория линии | Глубина выемки Н, м | Ширина основной площадки | Толщина защитного слоя h_3 , м | Примечание |
|------------|-----------------|---------------------|--------------------------|----------------------------------|------------|
| | | | В, м | | |
| 1 | I | 3 | ? | 1,0 | |
| 2 | II | 7,8 | ? | 0,5 | |
| 3 | III | 5 | ? | 0,8 | |
| 4 | IV | 8,6 | ? | 0,6 | |
| 5 | I | 9 | ? | 0,9 | |
| 6 | II | 10 | ? | 0,7 | |
| 7 | III | 10 | ? | 1,0 | |
| 8 | IV | 4 | ? | 0,5 | |
| 9 | I | 10,8 | ? | 0,8 | |
| 10 | II | 8 | ? | 0,6 | |
| 11 | III | 11,4 | ? | 0,9 | |
| 12 | IV | 5 | ? | 0,7 | |
| 13 | I | 10 | ? | 1,0 | |
| 14 | II | 7 | ? | 0,5 | |
| 15 | III | 7,8 | ? | 0,8 | |
| 16 | IV | 8 | ? | 0,6 | |
| 17 | I | 8,6 | ? | 0,9 | |
| 18 | II | 4,4 | ? | 0,7 | |
| 19 | III | 9,6 | ? | 1,0 | |
| 20 | IV | 7 | ? | 0,5 | |
| 21 | I | 10,4 | ? | 0,8 | |
| 22 | II | 3 | ? | 0,6 | |
| 23 | III | 11 | ? | 0,9 | |
| 24 | IV | 8 | ? | 0,7 | |
| 25 | I | 7,2 | ? | 1,0 | |
| 26 | II | 2,8 | ? | 0,5 | |
| 27 | III | 6,8 | ? | 0,8 | |
| 28 | IV | 5,2 | ? | 0,6 | |
| | | | | | |

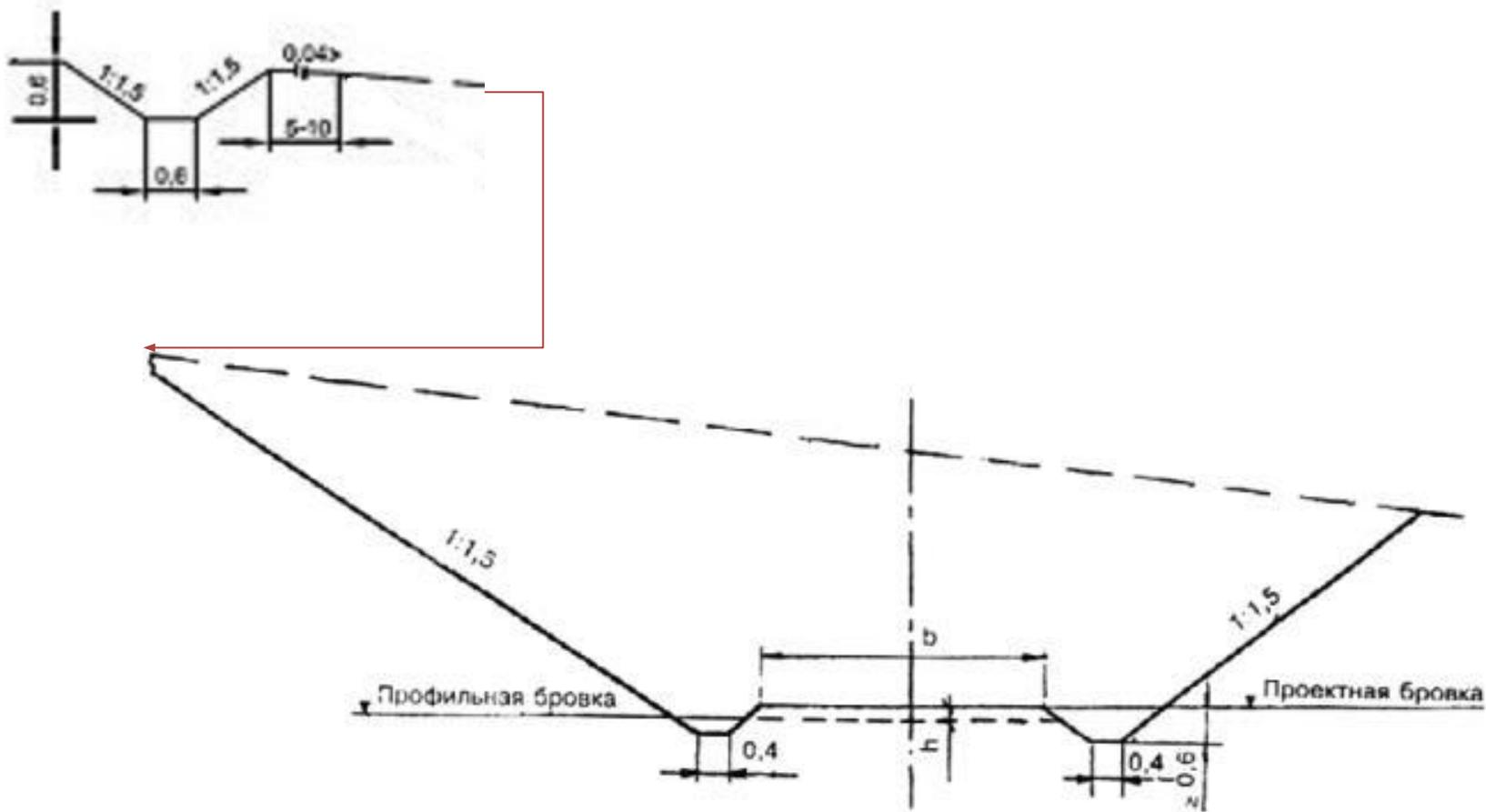


Рисунок 1 Поперечный профиль выемки глубиной до 12 м в крупнообломочных, крупнообломочных с песчаным заполнителем и песчаных дренирующих грунтах

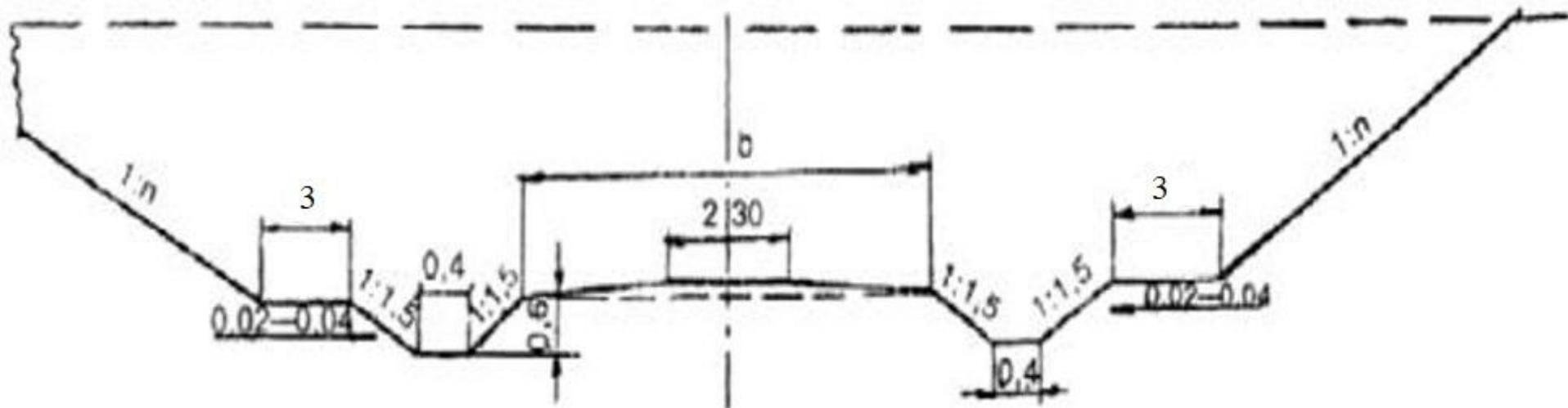
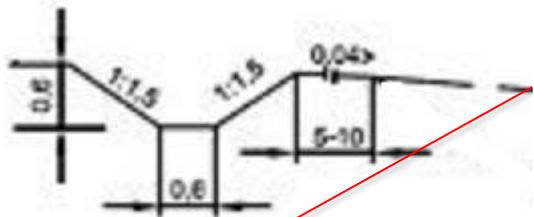


Рисунок 2 Поперечный профиль выемки глубиной до 12 м в мелких и пылеватых песках, в глинистых грунтах с $W_L \leq 0,23$ и в легковетривающихся скальных

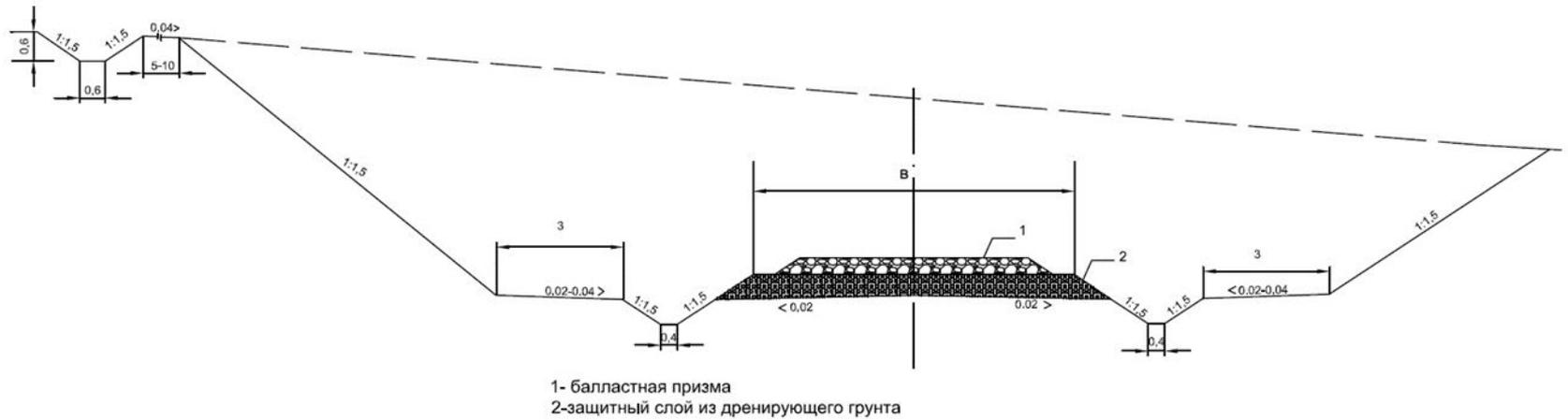


Рисунок 3 Поперечный профиль выемки глубиной (высотой верхнего откоса) до 12 м в глинистых грунтах, характеризуемых $WL > 0,23$ с устройством защитного слоя