

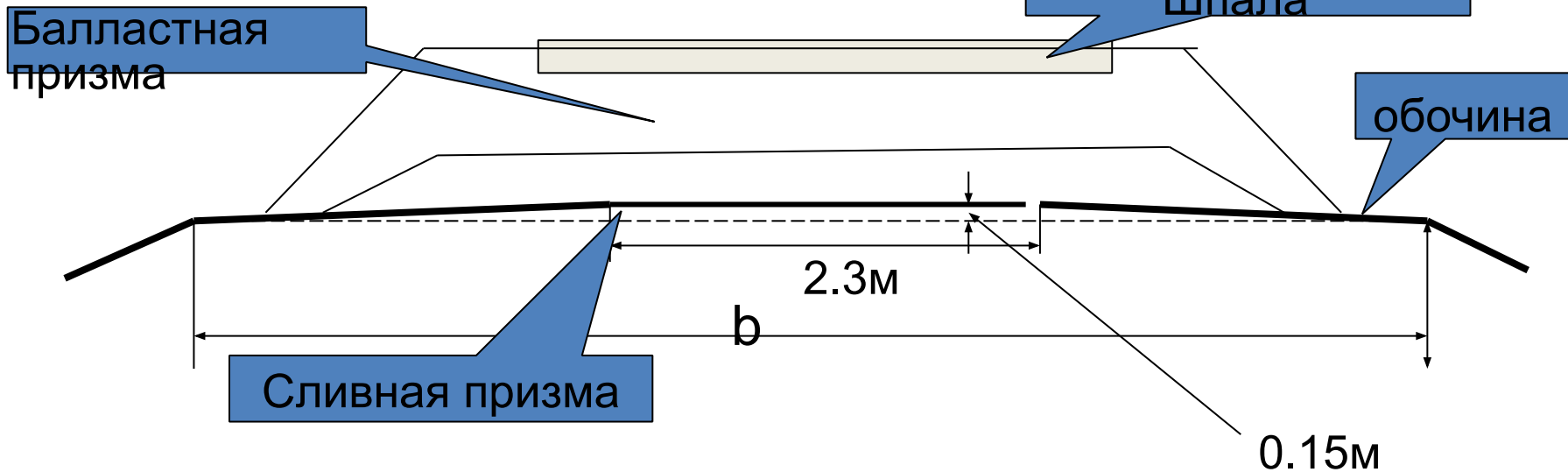
**«Железнодорожный путь »**  
**Практические занятия**  
для студентов 3 курса 2 семестра  
специальности  
**«Строительство железных дорог, мостов и  
транспортных тоннелей»**

**Практическое занятие 1.**

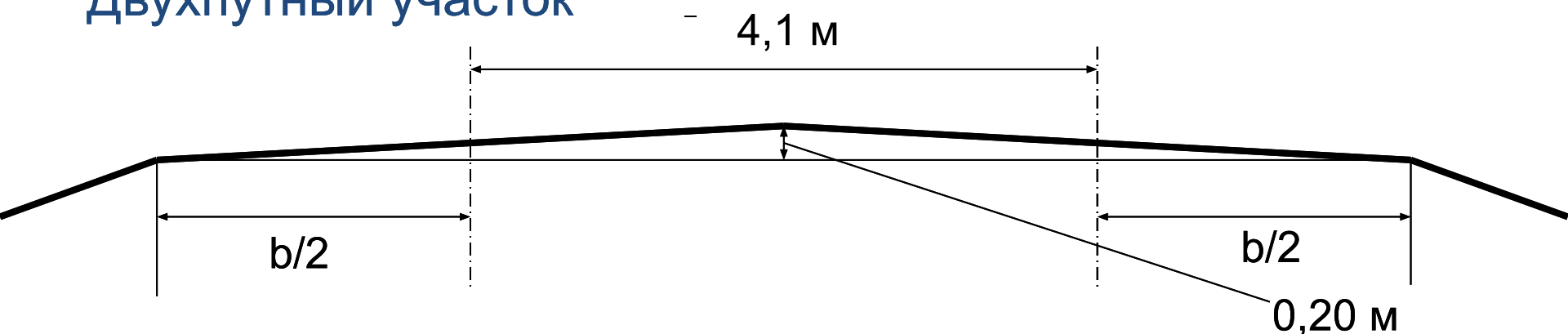
**Типовые поперечные профили насыпей и выемок на прочном основании. Уплотнение грунтов насыпей.**

# Основная площадка

- Однопутный участок



## Двухпутный участок



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

# Ширина основной площадки на прямых

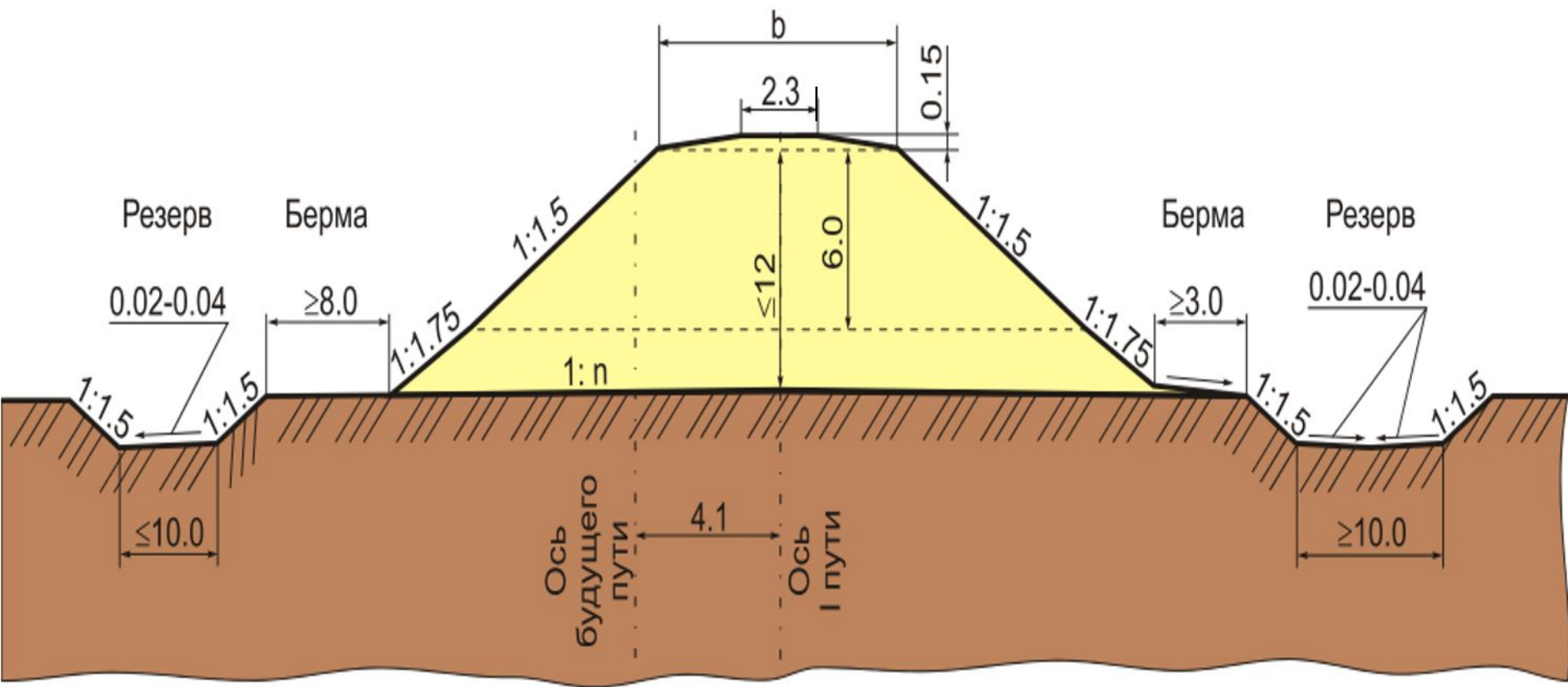
<b>Категория железнодорожной линий</b>	<b>Число главных путей</b>	<b>Ширина площадки из не дренирующих грунтов (глинистые, пылеватые пески и др.)</b>	<b>Ширина площадки из дренирующих грунтов (скальные, крупнообломочн ые, пески)</b>
<b>Скоростная, пассажирская, особогрузонапряжен- ная, I</b>	<b>2</b>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

## 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.

# 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.



$b$  - ширина основной площадки земляного полотна;  
 $1:n$  - уклон основания насыпи

Типовой поперечный профиль насыпи высотой до 12 м из не дренирующих грунтов при поперечном уклоне местности не круче 1:5

## 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.



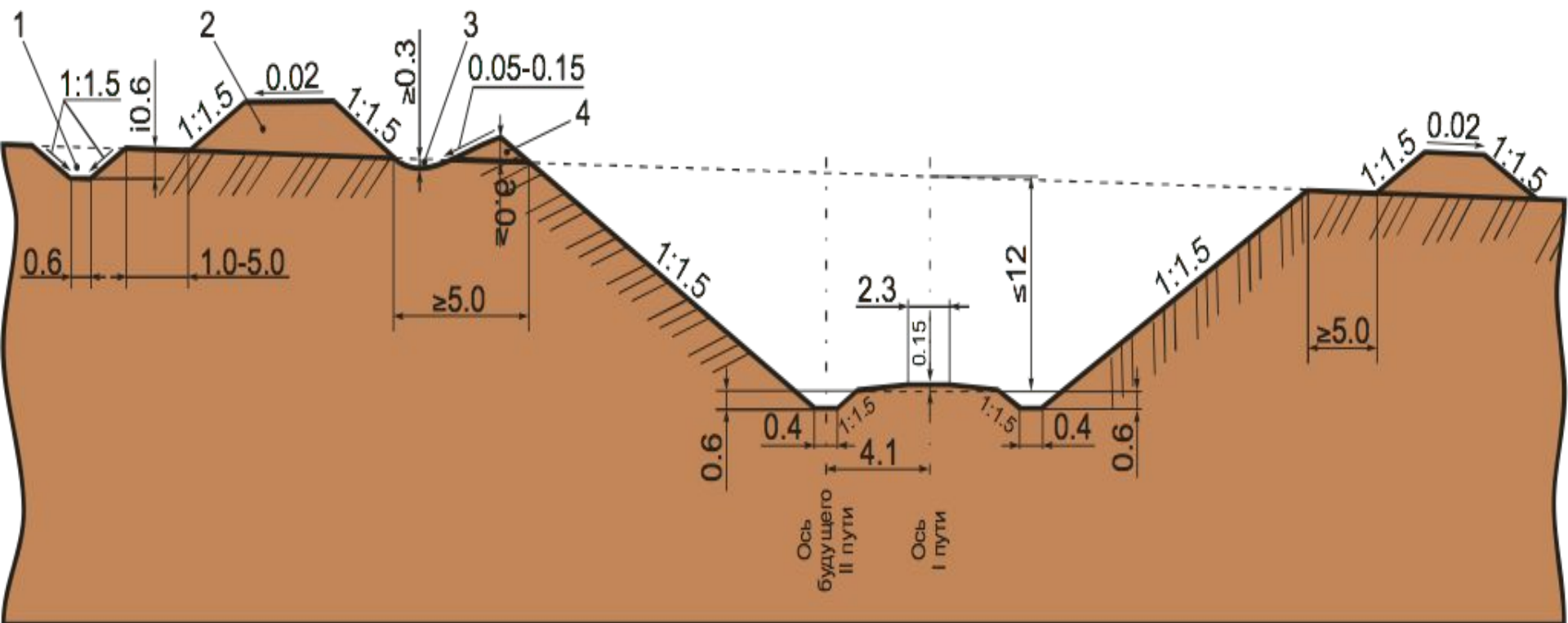
# РЕЗЕРВ И БЕРМЫ

- 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 на нерабочем борту или нерабочем участке борта грунтового сооружения, разделяющая смежные по высоте уступы.

- 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.



1 - нагорная канава; 2 - кавальер; 3 - забанкетная канава; 4 - банкет

Типовой поперечный профиль выемки глубиной  $H \leq 12\text{м}$  в глинистых грунтах твердой и полутвердой консистенции

- Требуемая плотность песчаных и глинистых грунтов сложения в земляном полотне регламентируется нормами (СП.238.132600.2015), которые устанавливают значения требуемой плотности сухого грунта  $\rho_{d-n}$  в долях от максимальной плотности сухого грунта  $\rho_{d-max}$  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.

**Коэффициент уплотнения в верхнем слое толщиной до 1 м, где значительнее сказывается воздействие подвижного состава, принимается выше, чем для остальной толщи насыпи.**

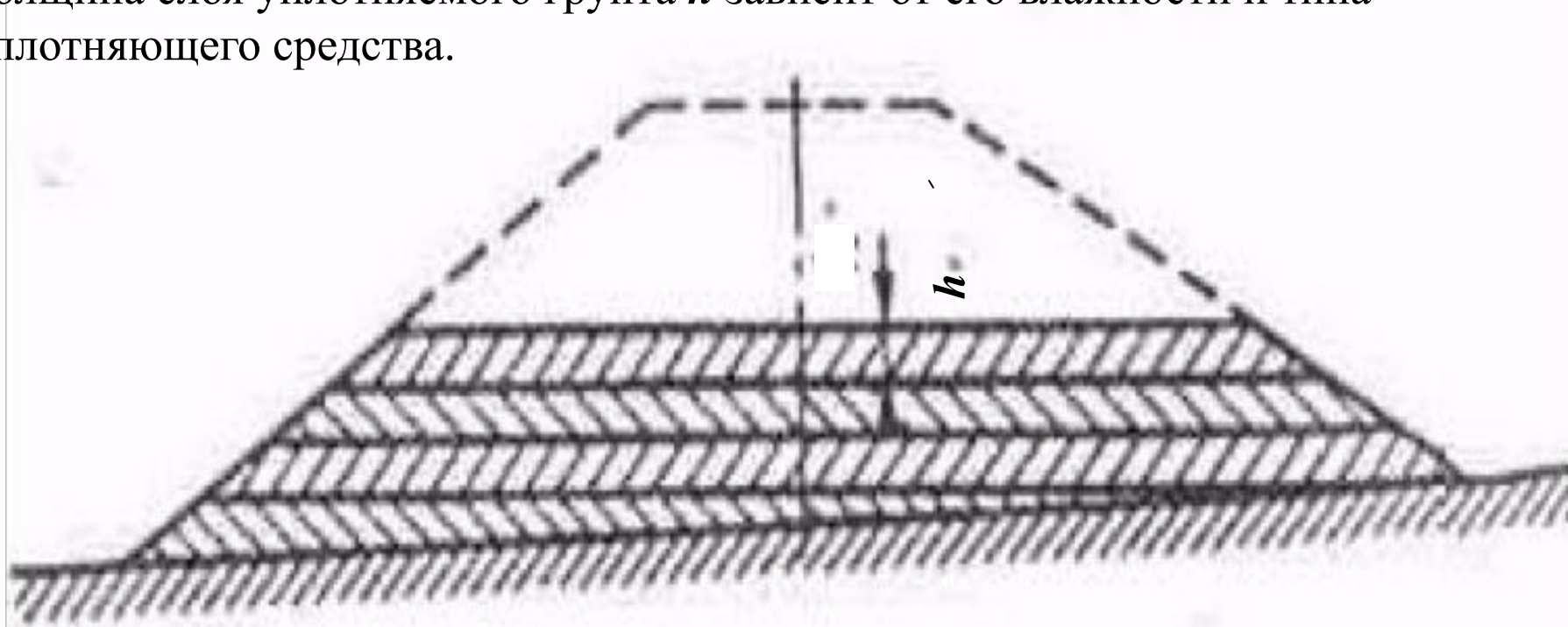
**Минимальное значение коэффициента уплотнения**

Вид насыпного слоя	Скоростные и особогрузонапряженные линии		Линии I, II категорий и дополнительные главные пути		Линии III и IV категорий	
	Глубина слоя*, м	Коэффициент K	Глубина слоя*, м	Коэффициент K	Глубина слоя*, м	Коэффициент K
Верхняя часть	до 0,5	1,03	до 1,0	0,98 (0,95 <sup>**</sup> )	до 0,5	0,95 (0,92 <sup>**</sup> )
нижняя часть	более 0,5	0,98—1,0	более 1,0	0,95 (0,9 <sup>**</sup> )	более 0,5	0,95 <sup>***</sup> (0,90)
включая до 0,5 м	0,5	1,03	0,5	0,98 (0,95 <sup>**</sup> )	0,5	0,95 (0,92 <sup>**</sup> )

# 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.

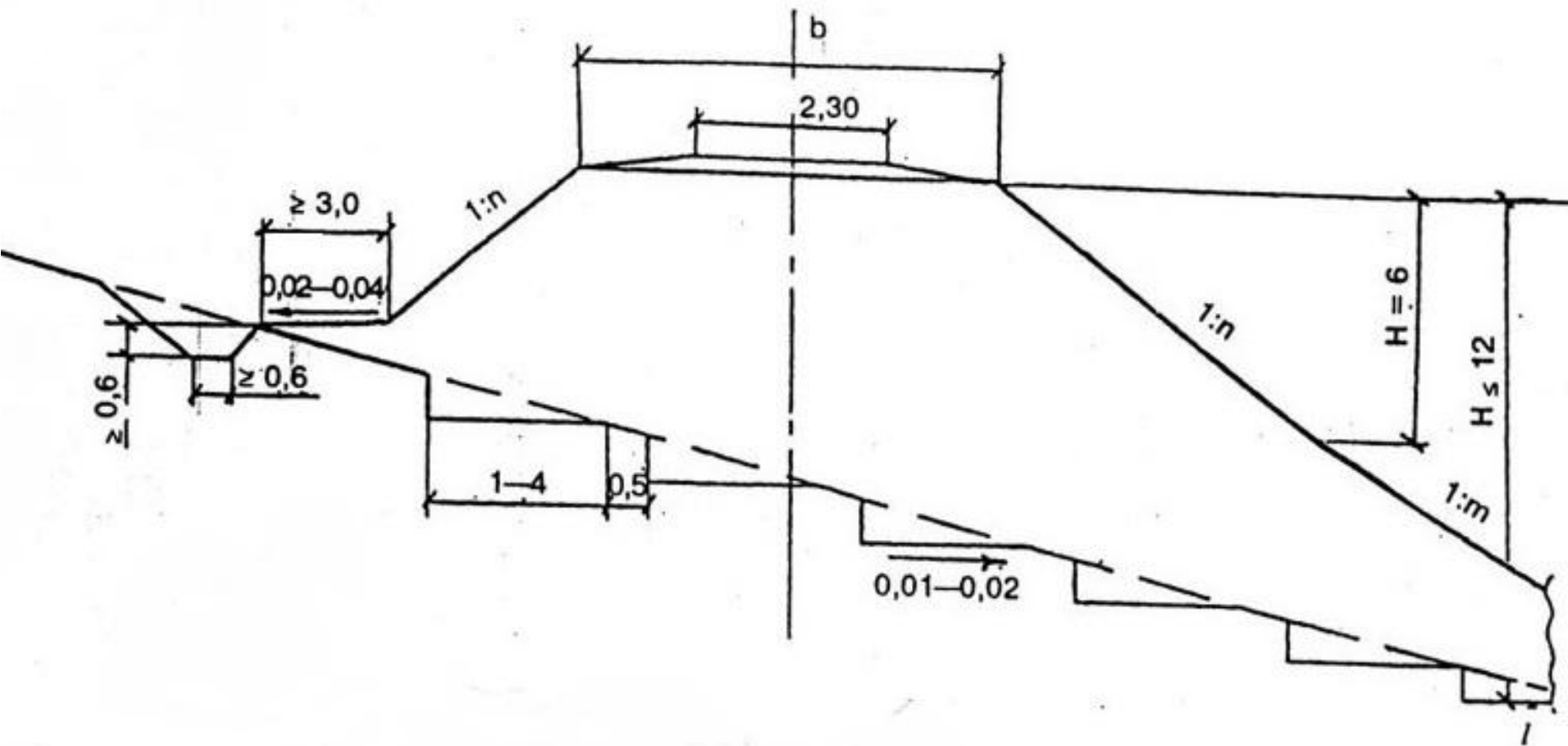


**В зависимости от высоты насыпей, рода грунта и степени уплотнения сданные в эксплуатацию насыпи могут иметь осадки в размере 0.5 до 3.0 процента от их высоты**



**Практическое занятие 2.**

**Групповые поперечные профили  
насыпи на косогоре и на болотах.**



**Поперечный профиль насыпи высотой низового откоса до 12 м на  
косогорах крутизной от 1,5...1,3**

# Классификация болот

Болота в зависимости от характеристик грунтов, заполняющих их подразделяют на три типа:

- I тип** – заполненные торфом и другими болотными грунтами устойчивой консистенции, сжимающимися под нагрузкой от насыпи высотой до 3 м;
- II тип** – заполненные торфом и другими болотными грунтами разной консистенции, в том числе выдавливающимися под нагрузкой от насыпи высотой до 3 м;
- III тип** – заполненные торфом и другими болотными грунтами, в разжиженном состоянии, выдавливающимися под нагрузкой; могут иметь торфяную корку – сплавину.

Тип болота устанавливается в ходе инженерно-геологических изысканий с определением физико-механических характеристик грунтов болота.

# Групповые решения с использованием торфа в качестве основания (болото I типа)

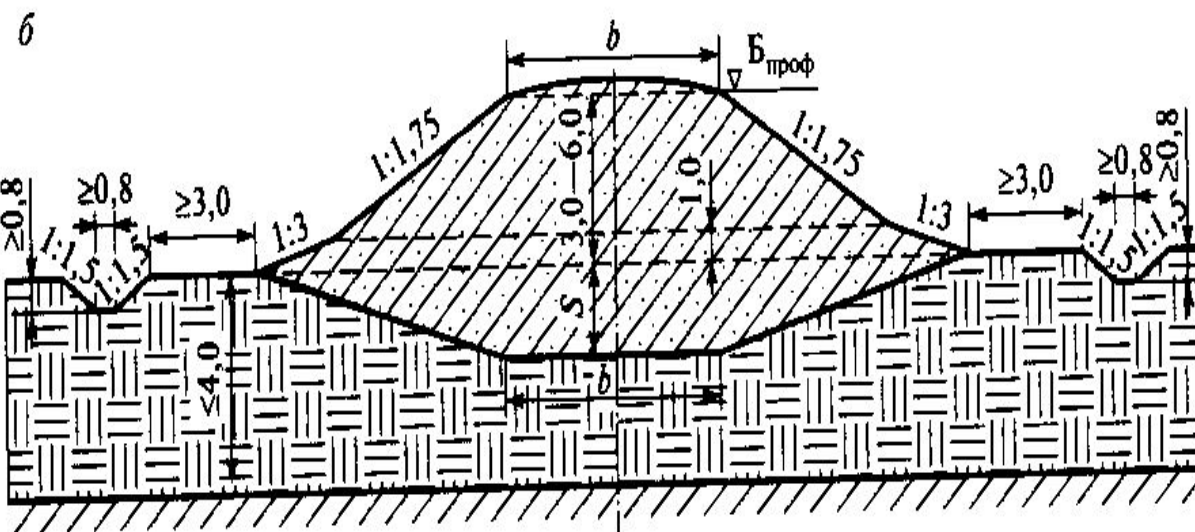
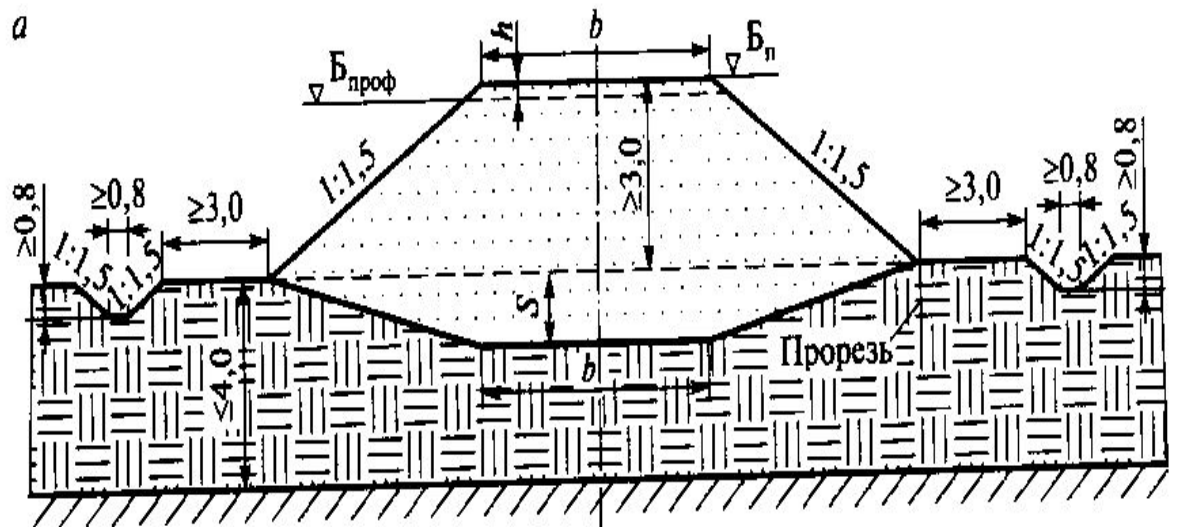
Поперечный профиль насыпи высотой 3-6 м на болоте I типа глубиной до 4 м при поперечном уклоне не круче 1:10:

*a* – из дренирующих грунтов;

*б* – из мелких и пылеватых песков, песчанистых супесей;

*b* – ширина основной площадки;

*S* – осадка насыпи



# Групповые решения с частичным удалением торфа (болото I типа)

Поперечный профиль насыпи высотой до 3 м на болоте I типа глубиной до 4 м при поперечном уклоне не круче 1:10:

*a* – из дренирующих грунтов;

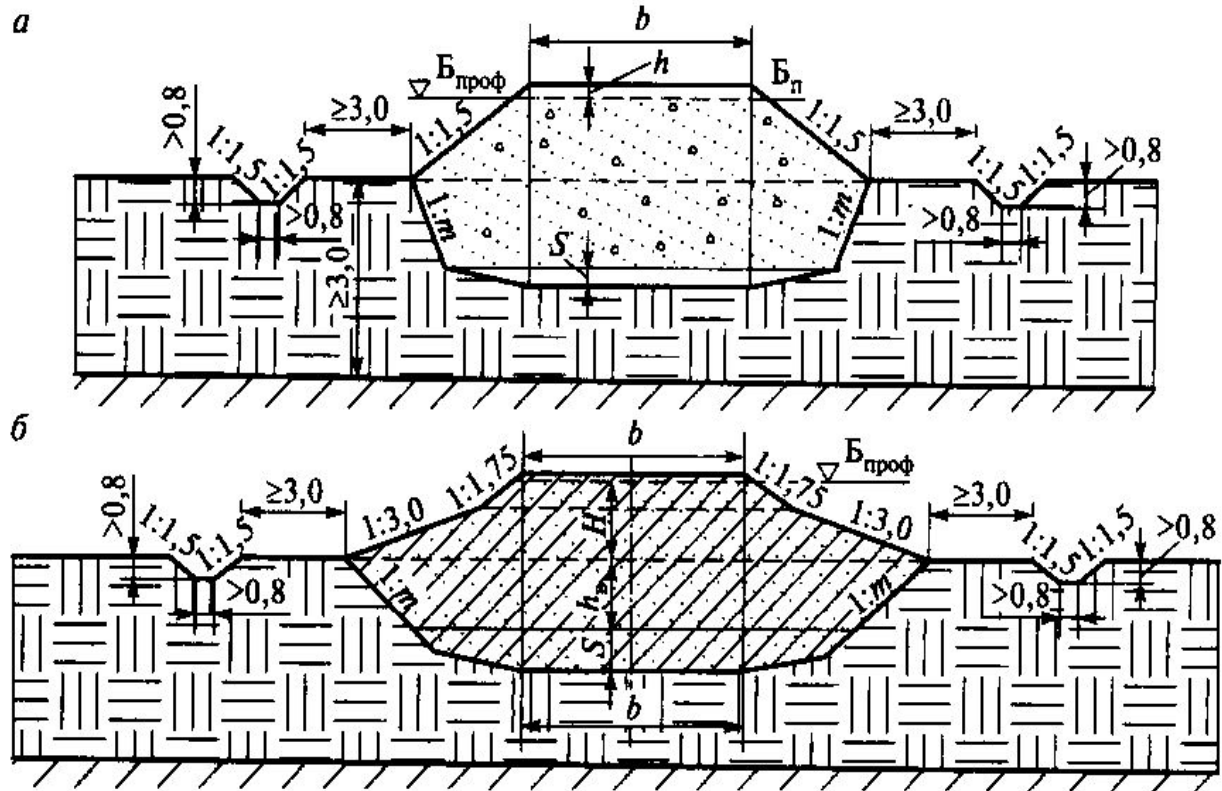
*б* – из мелких и пылеватых песков, песчанистых супесей;

*m* – крутизна откосов выторфования (от 1:0 до 1:0,5);

$h_v$  – глубина выторфования  $h_v = h_n$ ;

*b* – ширина основной площадки;

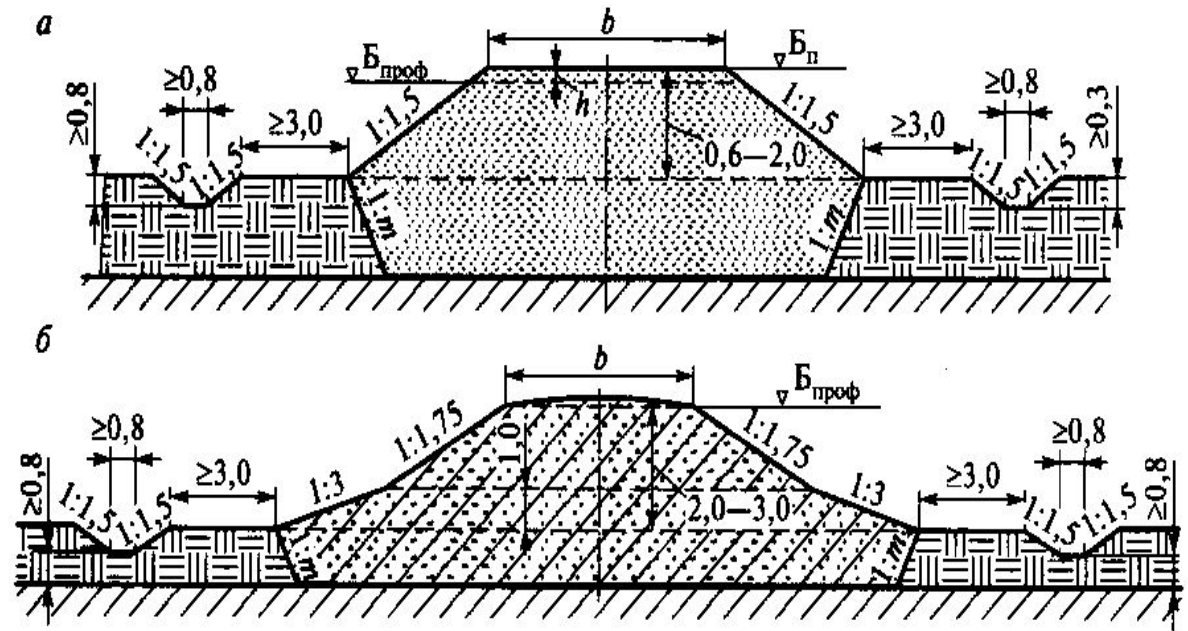
*S* – осадка насыпи



# Групповые решения с полным удалением торфа (болото I типа)

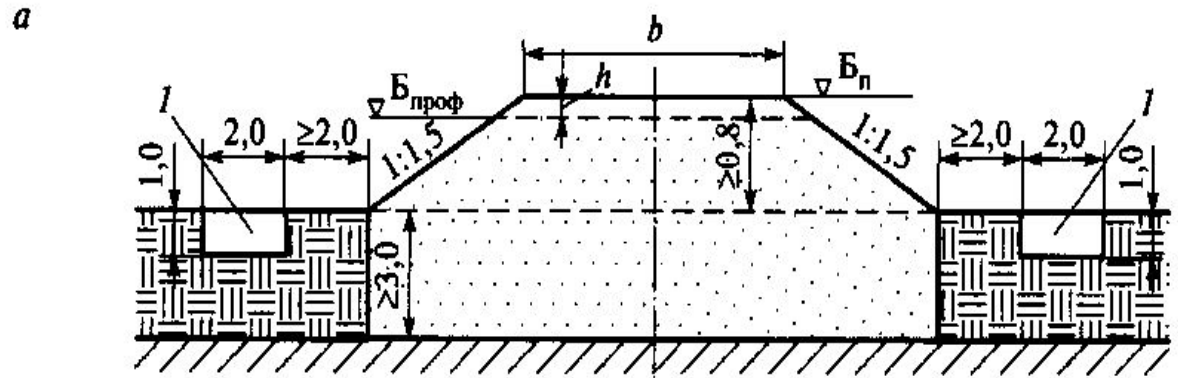
Поперечный профиль насыпи высотой до 3 м на болоте I типа глубиной до 2 м при поперечном уклоне не круче 1:10:

*a* – из дренирующих грунтов;  
*б* – из мелких и пылеватых песков, песчанистых супесей;  
*т* – крутизна откосов выторфования (от 1:0 до 1:0,5);  
*b* – ширина основной площадки.



# Групповые решения с полным удалением торфа (болото II типа)

Поперечный профиль насыпи высотой до 3 м на болоте II типа глубиной до 3 м при поперечном уклоне не круче 1:15:

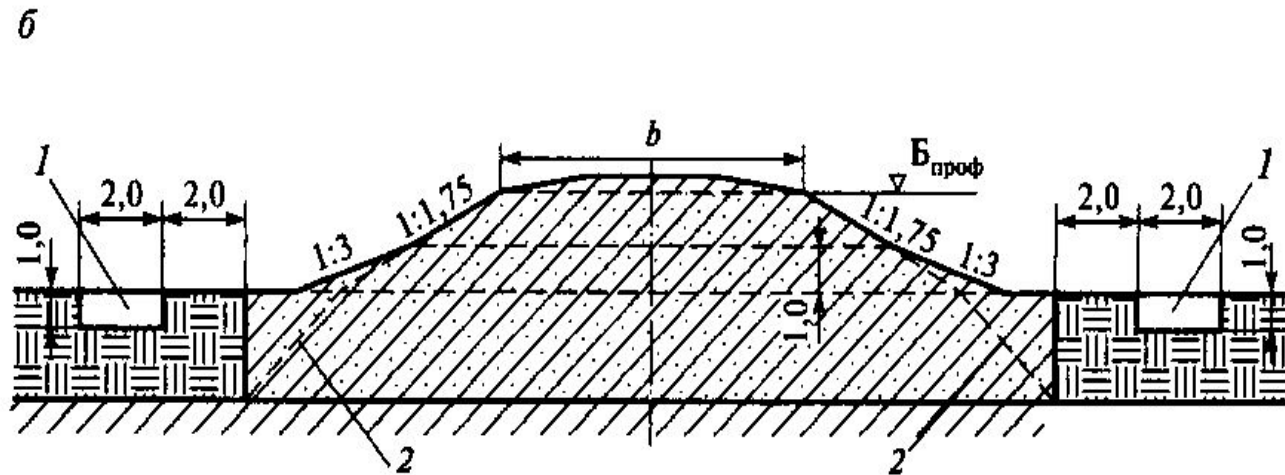


*a* – из дренирующих грунтов;

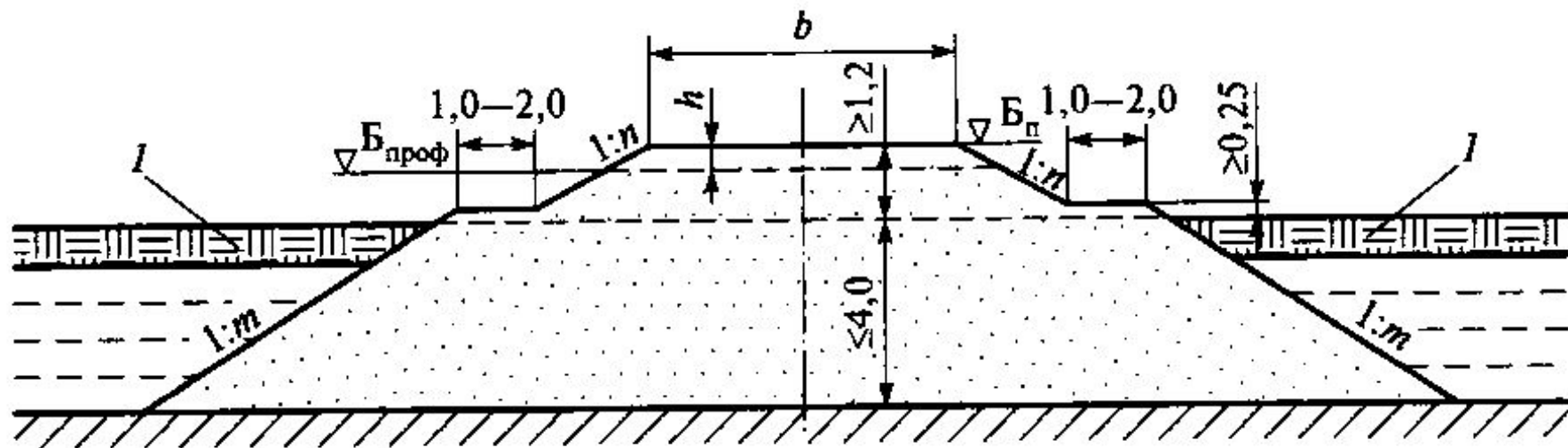
*б* – из мелких и пылеватых песков, песчанистых супесей;

*1* – торфоприемник;  
*2* – вспомогательная линия для определения траншеи выторфования;

*b* – ширина основной площадки.



## Групповые решения с полным удалением торфа (болото III типа)



Поперечный профиль насыпи высотой до 3 м на болоте III типа глубиной до 4 м при поперечном уклоне не круче 1:20 из дренирующих грунтов:

*I* – торфяная корка;

*n* и *m* – крутизна откосов ( $n=1,5$ ;  $m=1,75$ );

*b* – ширина основной площадки.



## **Практическое занятие 3.**

**Определение напряжений в рабочей зоне земляного полотна. Расчет толщины защитного слоя по условию прочности.**

Защитный слой- слой дренирующего грунта, который должен иметь соответствующий коэффициент уплотнения и толщину такую, чтоб под ним не возникало пластических деформаций

Защитный слой укладывается под основную площадку для предотвращения пучения.

Для определения толщины защитного слоя, необходимо найти точку пересечения зависимости по глубине: величины критической нагрузки  $P_{кр}(h)$  и суммарных действующих сжимающих напряжений  $\sigma_h(h)$

Как для нового земляного полотна, так и для эксплуатируемого, глинистые грунты, расположенные под основной площадкой, проверяют на возможность возникновения деформационных сдвигов (условие прочности грунтов). Для предотвращения возможности возникновения в грунтах на глубине **h** деформаций пластических сдвигов суммарные напряжения  **$\sigma_h$**  от поездной нагрузки, веса верхнего строения пути и собственного веса грунта не должны превышать критический для данного грунта нагрузки, которая определяется по формуле Пузыревского:

$$\sigma_n \leq P_{кр} = \frac{\pi \cdot (C_p \cdot ctg\varphi + \gamma \cdot h)}{ctg\varphi + \varphi - \pi/2} + \gamma \cdot h.$$

## Расчетные точки вычисления напряжений

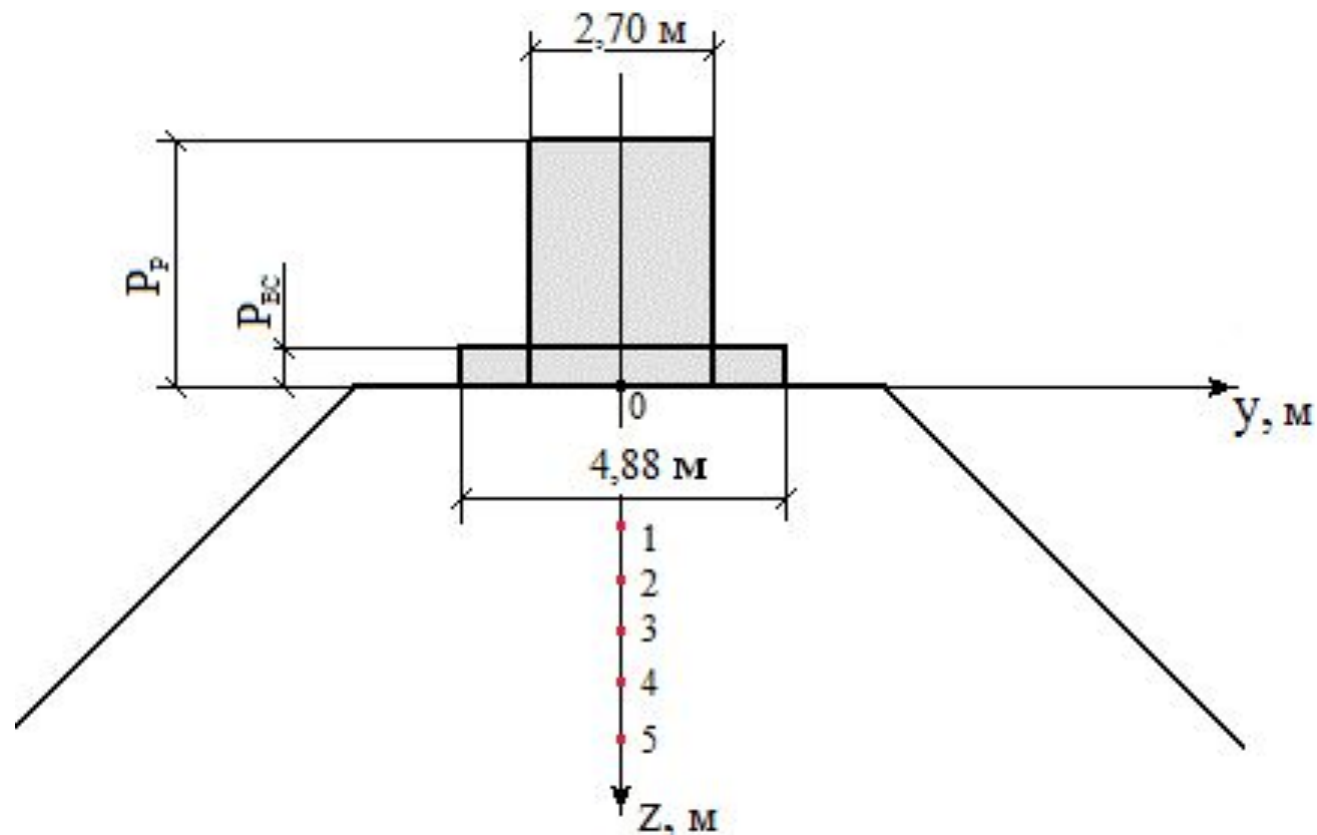
1 точка –  $z_1 = 0,5 h_{zc}$

2 точка –  $z_2 = h_{zc}$

3 точка –  $z_3 = 1,5 h_{zc}$

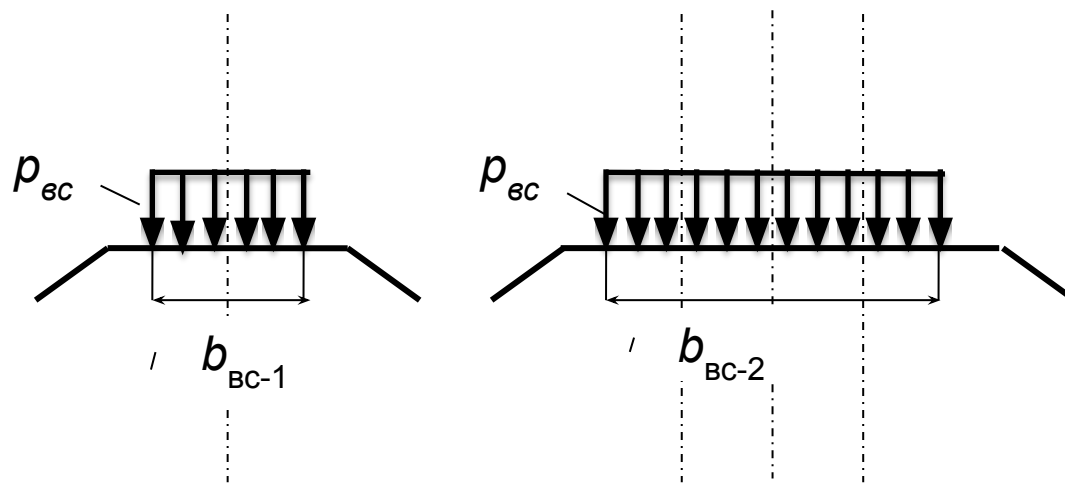
4 точка –  $z_4 = 2,0 h_{zc}$

5 точка –  $z_5 = 2,5 h_{zc}$



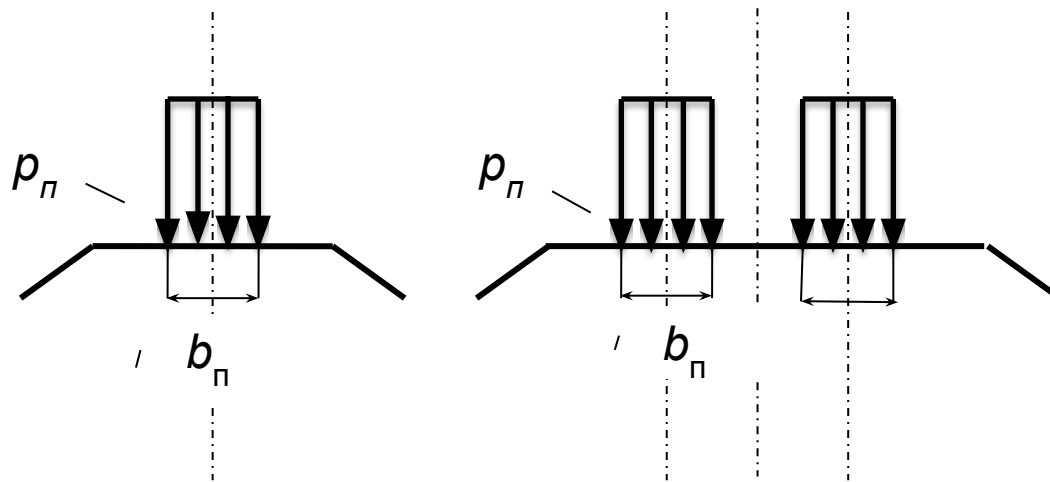
**Расчетная схема для определения толщины защитного слоя.**

# 1) Нагрузка от верхнего строения пути



$$p_{bc} = 17 \text{ кПа} \quad b_{BC-1} = 4,88 \text{ м} \quad b_{BC-2} = 8,98 \text{ м}$$

## 2) Нагрузка от подвижного состава



$$b_{п} = 2,70 \text{ м}$$

$p_{п} = 90 \text{ кПа}$  – особогрузонапряженная;

$p_{п} = 80 \text{ кПа}$  – скоростная, I и II категория;

$p_{п} = 65 \text{ кПа}$  – III категория

## Расчетные точки вычисления напряжений

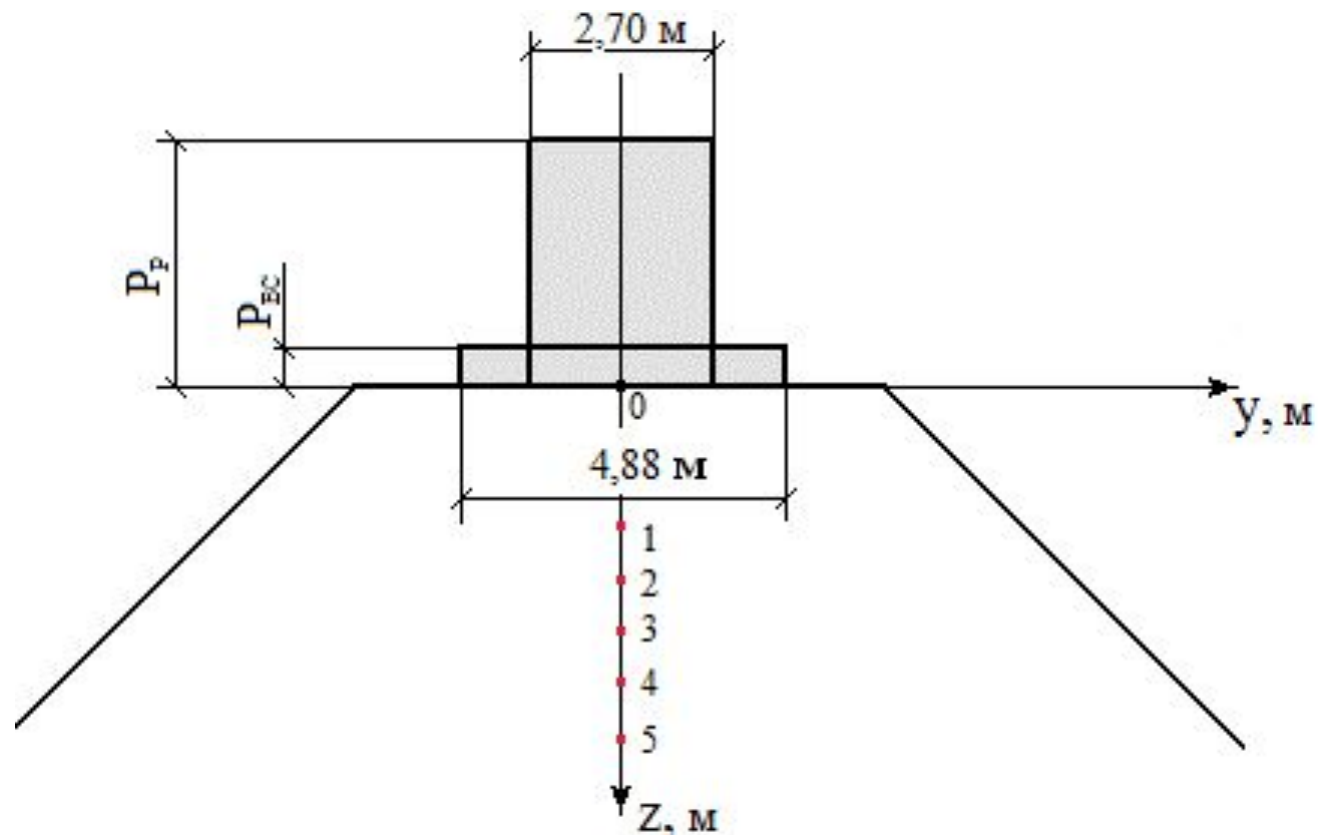
1 точка –  $z_1 = 0,5 h_{zc}$

2 точка –  $z_2 = h_{zc}$

3 точка –  $z_3 = 1,5 h_{zc}$

4 точка –  $z_4 = 2,0 h_{zc}$

5 точка –  $z_5 = 2,5 h_{zc}$



**Расчетная схема для определения толщины защитного слоя.**

Полные напряжения определяются по формуле:

$$\sigma_h = \sigma_\gamma + \sigma_{вс} + \sigma_p,$$

где  $\sigma_\gamma$ —напряжения, возникающие в насыпи от выше лежащих слоев грунта [кПа]

$$\sigma_\gamma = \gamma_n \cdot h$$

$\gamma_n$ - удельный вес грунта насыпи [кН/м<sup>3</sup>]

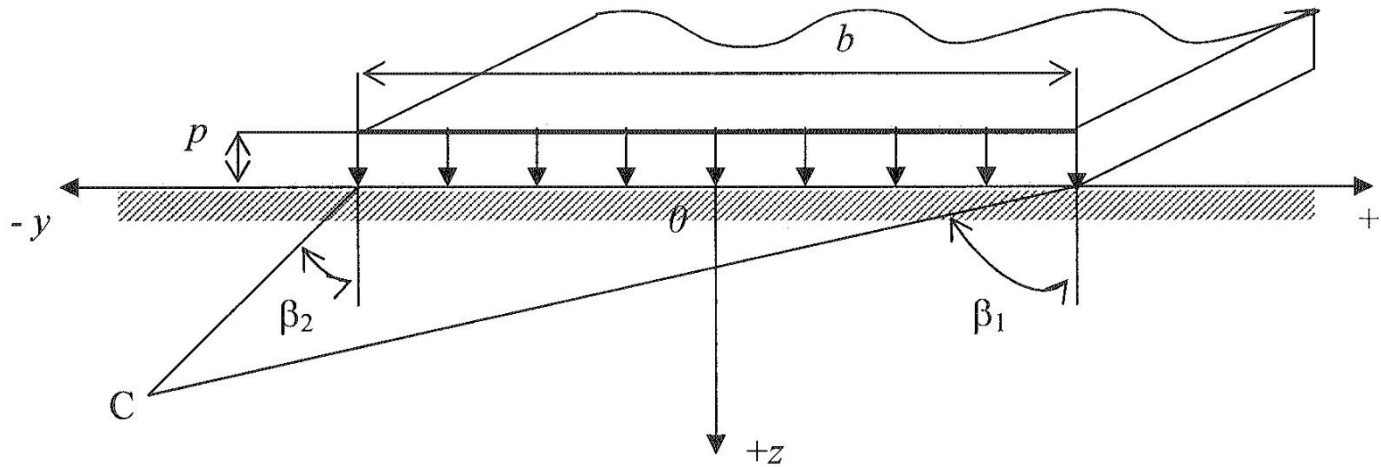
$h$ - толщина вычисленного слоя грунта [м]

$\sigma_{вс}$ - напряжения, возникающие в насыпи от верхнего строения пути [кПа]

$\sigma_p$ - напряжения, возникающие в насыпи от подвижного состава [кПа]

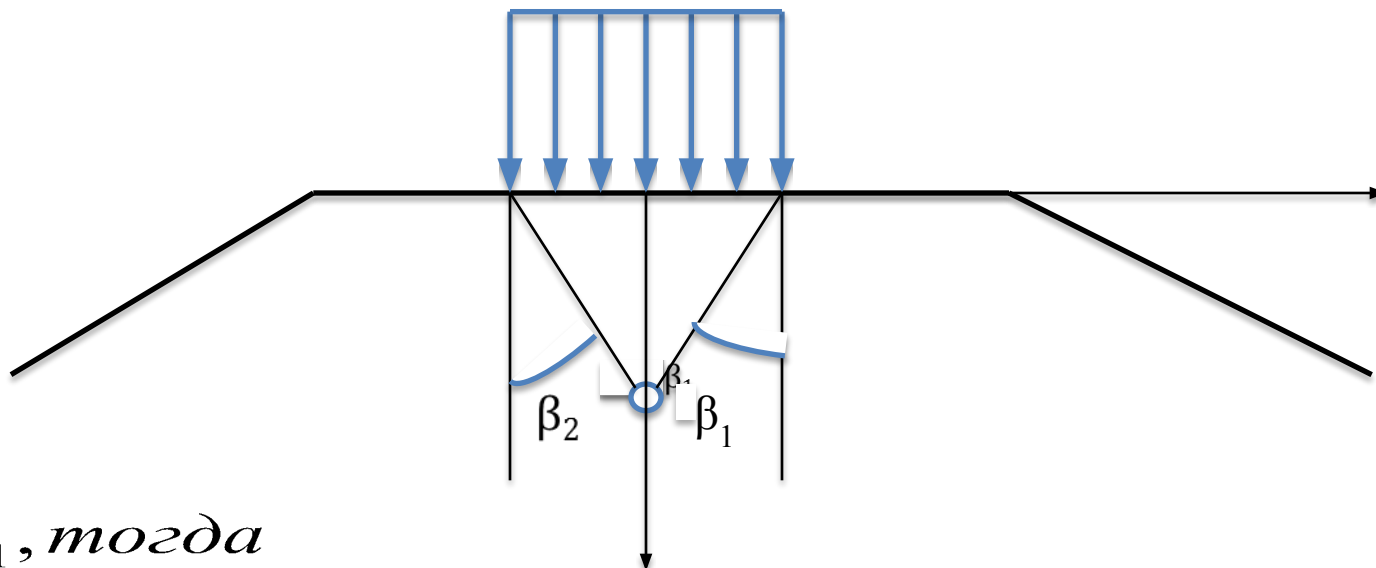


# Прямоугольная нагрузка, приложенная к верхней границе полуплоскости



$$\sigma_z = -\frac{p}{\pi} \left( \beta_1 + \frac{1}{2} \sin 2\beta_1 - \beta_2 - \frac{1}{2} \sin 2\beta_2 \right)$$

Для осевой линии: ВСП – однопутная и поездная – для всех



$\beta_2 = -\beta_1$ , тогда

$$\sigma_z = -\frac{p}{\pi} (2\beta + \sin 2\beta),$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{b}{2z}$$

## ВСП двухпутная

$$\sigma_z = -\frac{p}{\pi} \left( \beta_1 + \frac{1}{2} \sin 2\beta_1 - \beta_2 - \frac{1}{2} \sin 2\beta_2 \right)$$

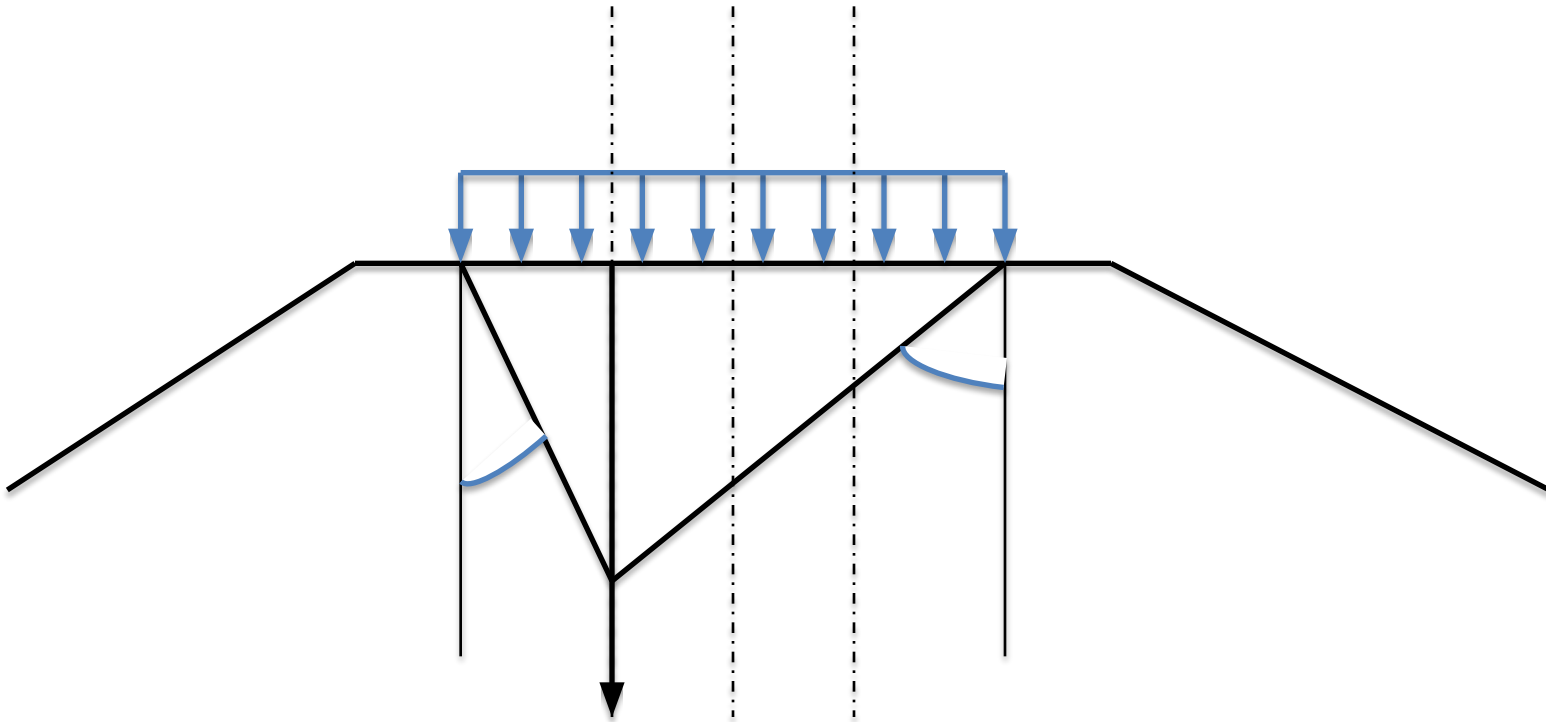
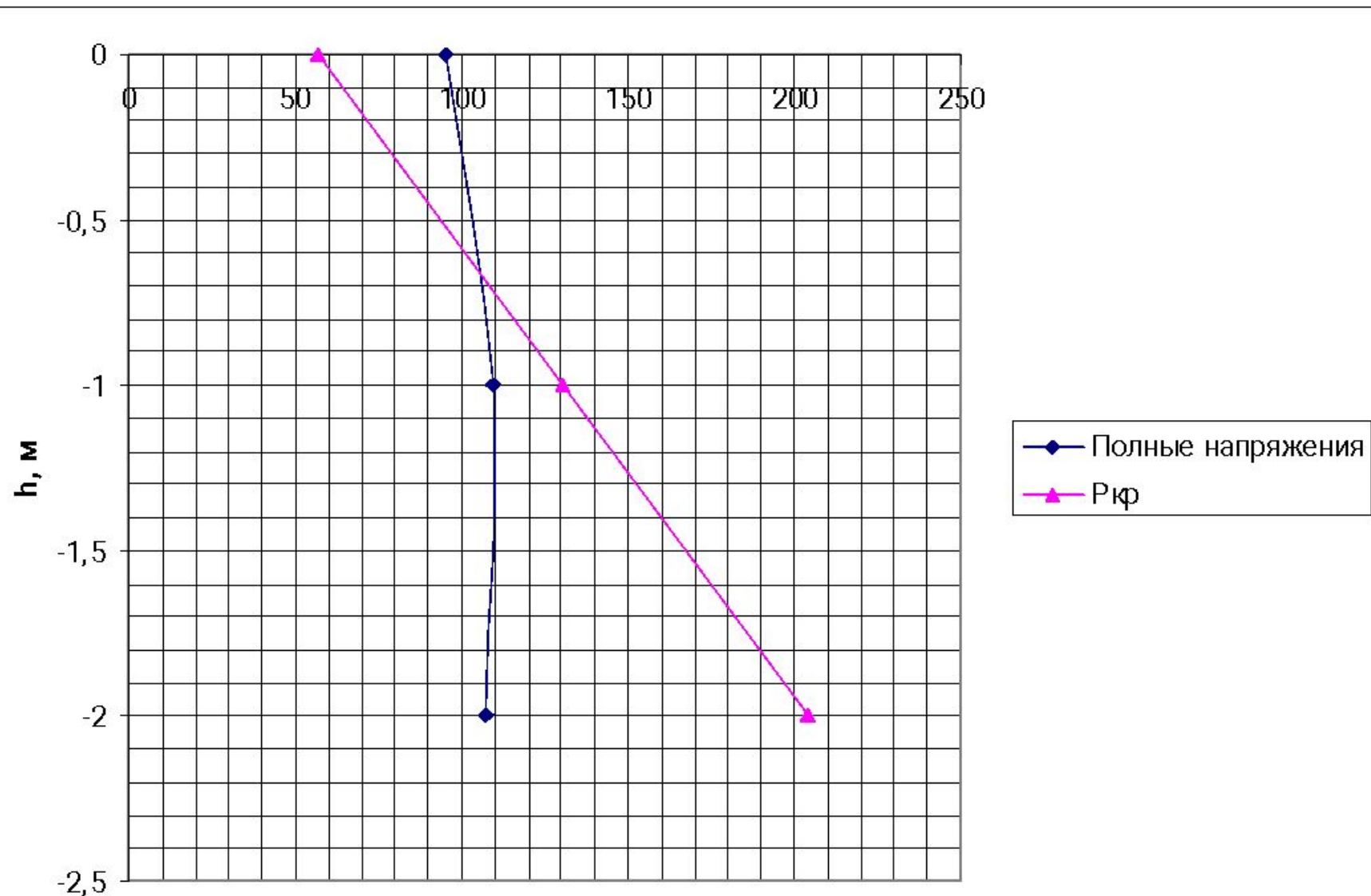


График зависимости величины критической нагрузки  $p_{кр}(h)$  от суммарных действующих напряжений  $\sigma_n(h)$  приведен на следующем графике:



## **Практическое занятие 4.**

**Проверка устойчивости насыпи.**

При проектировании поперечных профилей насыпей и выемок, а также и при проверках состояния существующего земляного полотна выполняются расчеты устойчивости откосов, определяемой как способность откосов противостоять сдвигающим усилиям в грунтах, возникающим при действии объемных сил и поездной нагрузки и стремящимся вывести откосы из исходного состояния статического (в отсутствие поезда) или динамического (при проходе поезда) равновесия.

Устойчивость откосов принято оценивать коэффициентом устойчивости  $K$ , который представляет собой отношение факторов, удерживающих откос в состоянии равновесия, к факторам, способствующим его нарушению. Для численного определения коэффициента устойчивости применяют различные методы, основанные на зависимости  $K$  от геометрических параметров полотна, формы и характеристик поверхностей возможного смещения и параметров грунтов – удельного веса  $\gamma = \text{кН/м}^3$ , и сопротивления сдвигу, характеризуемого углом внутреннего трения  $\varphi = ^\circ$  и удельным сцеплением  $C = \text{кПа}$ .

Поскольку земляное полотно имеет значительную протяженность вдоль ж.д. пути, для расчетов  $K$  могут быть использованы плоские задачи, в т. ч. с цилиндрическими (для связных грунтов) и плоскими (для сыпучих грунтов) поверхностями возможного смещения, которые выбирают так, чтобы отличие расчетной поверхности от фактической было минимальным. В действительности смещения откосов происходят обычно по поверхностям, близким к чашеобразным, и задача является объемной.



Наибольшее применение нашли методы определения  $K$  при круглоцилиндрической поверхности возможного смещения, где  $K$ , трактуется как отношение суммы моментов сил, удерживающих откос ( $M_{уд}$ ), к сумме моментов сил, стремящихся его сместить ( $M_{сдв}$ )

Построение кривой обрушения откоса:

Принимается, что круглоцилиндрическая поверхность обрушения проходит через точку  $A_1$  (основание откоса) и точку  $M_1$  (дальний конец шпалы).

Точка  $A_1$  и  $M_1$  соединяют прямой линией, которую делят пополам и в этой точке восстанавливают перпендикуляр к линии  $A_1M_1$ , а из угла фиктивного столба грунта линию под углом  $36$  градусов к горизонту. Точка пересечения указанных линий  $O_1$  является приближенным центром кривой обрушения  $A_1M_1$ .

Далее строится дуга с центром в точке  $O_1$ .

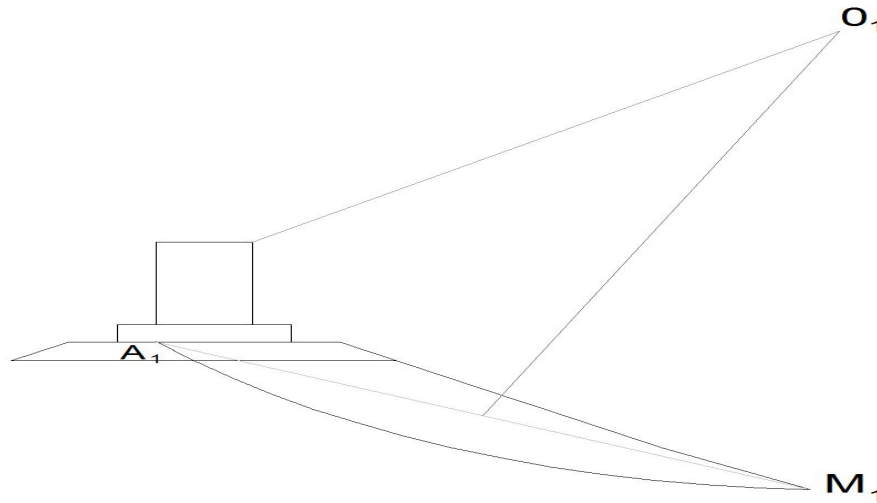


Рисунок 1. Схема верхней части насыпи для расчета устойчивости по круглоцилиндрической поверхности обрушения

Учет влияния на устойчивость откосов и склонов поездных нагрузок и их динамического характера производится следующим образом.  
При расчетах устойчивости откосов и склонов используется статическая расчетная схема, в которой внешние поездные нагрузки и нагрузки от ВСП заменяются фиктивными столбами грунта.

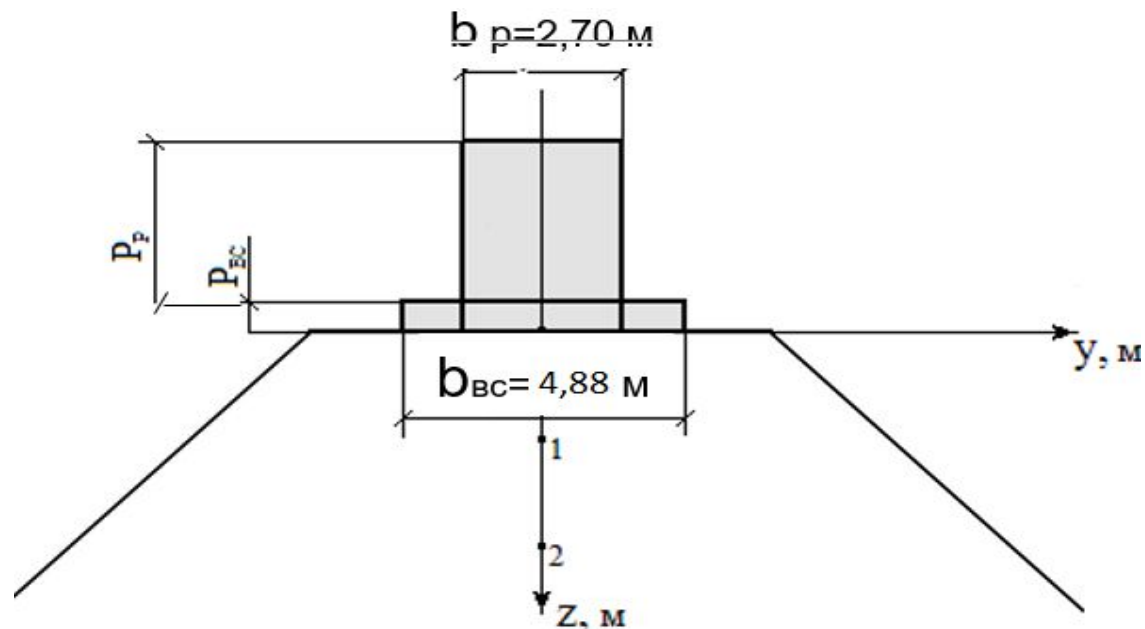


Рисунок 2. Расчетная схема для определения фиктивного столба грунта

Для учёта ВСП и поездной нагрузки рассчитаем высоту фиктивного столба грунта:

$$Z_{\text{BC}} = P_{\text{BC}}/\gamma_{\text{H}}; \quad (1.)$$

$$Z_{\text{П}} = P_{\text{П}}/\gamma_{\text{H}}; \quad (2.)$$

где  $Z_{\text{BC}}, Z_{\text{П}}$  – высота фиктивного столба от ВСП и поездной нагрузки соответственно;

$b_{\text{BC}}, b_{\text{П}}$  – ширина фиктивного столба грунта от ВСП и поездной нагрузки соответственно;

$P_{\text{BC}}, P_{\text{П}}$  – интенсивность действия нагрузки от ВСП и подвижного состава соответственно (принимаем  $P_{\text{BC}} = 17$  кПа;  $P_{\text{П}} = 80$  кПа).

$$Z_{\text{BC}} = 17/17,1 = 0,99 \text{ м}$$

$$b_{\text{BC}} = 4,88 \text{ м}$$

$$Z_{\text{П}} = 80/17,1 = 4,68 \text{ м}$$

$$b_{\text{П}} = 2,70 \text{ м}$$

Сползающий массив грунта делится на отсеки не более 2 м, в ширину, в каждом отсеке определяются длины их оснований  $l_i$ , площади  $\omega_i$ , центры тяжести, углы  $\beta$ , а также удерживающие и сдвигающие силы.

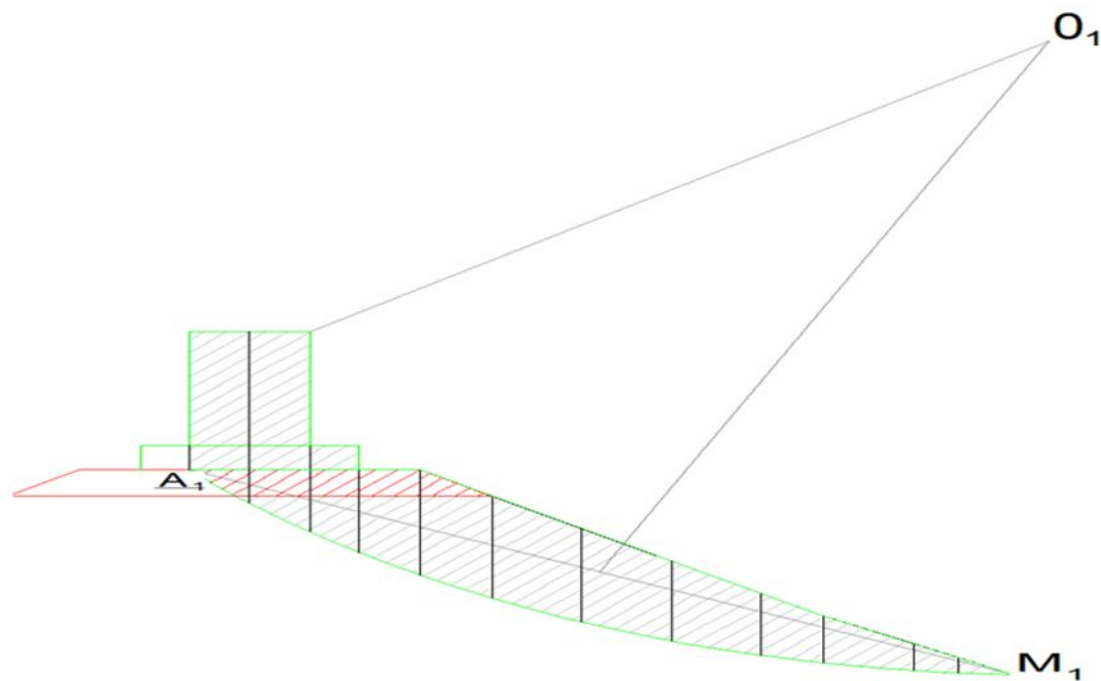


Рисунок 3. Схема для расчета на устойчивость верхней части грунта насыпи

Для кривой обрушения, проходящей через точки А1М1 с центром О1, коэффициент устойчивости определяется по формуле:

$$K = \frac{\sum_i^n (f_i N_i + c_i l_i + T_{i-y\delta}) \cdot \frac{\cos \varphi_i}{\cos(\beta_i - \varphi_i)}}{\sum_i^n T_{i-c\delta\alpha} \cdot \frac{\cos \varphi_i}{\cos(\beta_i - \varphi_i)}} ;$$

где  $n$  – число отсеков, на которые разбивается блок возможного смещения;

$f_i N_i$  - сила трения, действующая по поверхности возможного смещения в отсеке, кН/м;

$f_i$  - коэффициент внутреннего трения грунта на поверхности возможного смещения в отсеке,  $f_i = \operatorname{tg} \varphi$  ( $\varphi$  - угол внутреннего трения);

$N_i$  – нормальная составляющая силы веса отсека с учетом внешней нагрузки на него, кН/м;

$C_i l_i$  - сила сцепления, действующая по поверхности возможного смещения в отсеке, кН/м;

$C_i$  - удельное сцепление грунта, кПа;

$l_i$  - длина поверхности смещения (заменяемой прямой) в пределах отсека, м;

$T_{уд-i}$  и  $T_{сдв-i}$  - удерживающая и сдвигающая тангенциальные составляющие силы веса отсека с учетом внешней нагрузки, кН/м;

$\beta_i$  - угол наклона поверхности возможного смещения в пределах отсека, град.

$X_i$  - линейное расстояние от центра тяжести каждого отсека до точки  $M_1$ ;

$R$  - радиус кривой обрушения;

$$Q_i = \gamma_i^H \cdot \omega_i \quad (3.)$$

$\omega_i$  - площадь отсека при однородном грунте,  $m^2$ ;

$\gamma_i^H$  - удельный вес грунта  $i$  – того отсека.

$$T_i = Q_i \cdot \sin \alpha_i; \quad (4.)$$

$$N_i = Q_i \cdot \cos \alpha_i; \quad (5.)$$

$$f_i = \tan \varphi_i. \quad (6.)$$

Коэффициент устойчивости определяется для насыпи со следующими исходными данными:

Высота насыпи  $H_H =$  м;

Высота насыпи при заложении откоса  $m = 1:1,5$ ;  $H_1 = 6$  м;

При  $m = 1:1,75$ ;  $H_2 =$  м



Расчёт коэффициента устойчивости верхней части насыпи ( $H = m$ ) в обычный период (при оптимальной влажности  $W$ ) производится в таблице 2.

Принимаются следующие характеристики грунтов:

$$\gamma_H = \text{кН/м}^3; \varphi = \text{ }^\circ; c = \text{кПа}.$$

Рассчитанный коэффициент устойчивости  $K$  сравниваем с допускаемым  $[K]$  таблица 1.1 и делаем выводы о состоянии устойчивости откоса или склона.

Допускаемые значения  $[K]$  находят для новых линий в соответствии с СП 119.13330.2012

Таблица

1.

Категория линии	Скоростные и особогрузонапряженные	I и II категории	III категория	IV категория
[К]	1,25	1,2	1,15	1,10

## Расчет устойчивости верхней части насыпи

Таблица 2

<i>N</i>	X	R	$\sin \alpha$	$\alpha$ (рад)	$\alpha$ (град)	$\cos \alpha$	$\phi$ (град)	$\phi$ (рад)	$\cos \phi$	$\alpha-\phi$ (град)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

$\alpha-\phi$ (рад)	$\cos (\alpha-\phi)$	$\cos \phi/\cos (\alpha-\phi)$	$\omega$	$\gamma$	Q	$\Sigma Q$	T	N
12	13	14	15	16	17	18	19	20

f	N·f	l	c	c·l	N·f+c·l	$(N \cdot f + l \cdot c) \cdot \cos \phi / \cos (\alpha - \phi)$	$T \cdot \cos \phi / \cos (\alpha - \phi)$
21	22	23	24	25	26	27	28

Пояснения к таблице 1

$x_i$  – линейное расстояние от центра тяжести каждого отсека до точки  $M_1$ ;

$R$  – радиус кривой обрушения;

$$\sin \alpha = \frac{x_i}{R}; \quad (7.)$$

$\varphi_i$  – угол внутреннего трения  $i$ -того отсека;

$\omega_i$  – площадь  $i$ -того отсека,  $m^2$ ;

где  $\gamma_H$  – удельный вес грунта  $i$ -того отсека;

$$f_i = \tan \varphi_i; \quad (8.)$$

$\omega_i$  – ширина основания  $i$ -того отсека;

$c_i$  – сцепление частиц грунта  $i$ -того отсека.

Сложив 27-ой и 28-ой столбцы, получим удерживающие и сдвигающие силы соответственно. Коэффициент устойчивости найдем, как их соотношение.

Рассчитанный коэффициент устойчивости  $K$  получился больше допускаемого, согласно этому устойчивость верхней части насыпи обеспечена.

Таблица 1.

Расчет устойчивости верхней части насыпи

№	HR	sin α	α(рад)	α (град)	cos α	φ(град)	φ (рад)	cos φ	α-φ (град)	
1	18,5	26	0,713	0,793	45,45	0,702	28	0,48869	0,883	17,4457
						38	0,66323	0,788	7,44567	
						28	0,48869	0,883	17,4457	
2	17,18	26	0,66	0,721	41,3	0,751	28	0,48869	0,883	13,2961
						38	0,66323	0,788	3,29606	
						28	0,48869	0,883	13,2961	
3	15,96	26	0,613	0,66	37,83	0,79	28	0,48869	0,883	9,8285
						38	0,66323	0,788	-0,1715	
						28	0,48869	0,883	9,8285	
4	14,76	26	0,567	0,603	34,55	0,824	38	0,66323	0,788	-3,44724
						28	0,48869	0,883	6,55276	
5	13,17	26	0,506	0,53	30,38	0,863	38	0,66323	0,788	-7,61674
						28	0,48869	0,883	2,38326	
6	11,35	26	0,436	0,451	25,85	0,9	28	0,48869	0,883	-2,14514
7	9,32	26	0,358	0,366	20,97	0,934	28	0,48869	0,883	-7,02527
8	7,27	26	0,279	0,283	16,22	0,96	28	0,48869	0,883	-11,7847
9	5,60	26	0,215	0,217	12,43	0,977	28	0,48869	0,883	-15,572
10	4,09	26	0,157	0,158	9,048	0,988	28	0,48869	0,883	-18,9523
11	2,55	26	0,098	0,098	5,611	0,995	28	0,48869	0,883	-22,3887
12	1,61	26	0,062	0,062	3,539	0,998	28	0,48869	0,883	-24,4605

Продолжение таблицы 1.2

$\alpha-\phi$ (рад)	$\cos(\alpha-\phi)$	$\cos \phi / \cos(\alpha-\phi)$	$\omega$	$\gamma$	Q	$\sum Q$	T	N
0,30448	0,9540017	0,925519964	7,65	16,6	127	142,8	101,7	100,2
0,12995	0,9915682	0,794711611	0,9		14,94			
0,30448	0,9540017	0,925519964	0,05		0,83			
0,23206	0,9731947	0,907267186	7,65		127	171	112,8	128,5
0,05753	0,9983458	0,789316466	1,44		23,9			
0,23206	0,9731947	0,907267186	1,21		20,09			
0,17154	0,9853231	0,896099551	1,08		17,93	71,71	43,98	56,64
-0,0030,9999955	0,788014284	1,17		19,42				
0,17154	0,9853231	0,896099551	2,07		34,36			
-0,0602	0,9981906	0,789439176	1,46		24,24	87,32	49,52	71,91
0,11437	0,9934672	0,88875364	3,8		63,08			
-0,1329	0,9911769	0,795025371	0,86		14,28	113,7	57,51	98,09
0,0416	0,999135	0,883711986	5,99		99,43			
-0,0374	0,9992992	0,883566783	8,06		133,8	133,8	58,35	120,4
-0,1226	0,9924923	0,889626633	7,14		118,5	118,5	42,43	110,7
-0,2057	0,9789219	0,901959221	5,84		96,94	96,94	27,07	93,09
-0,2718	0,963294	0,91659198	3,12		51,79	51,79	11,15	50,58
-0,3308	0,9457894	0,933556238	3,03		50,3	50,3	7,91	49,67
-0,3908	0,9246213	0,954928903	0,85		14,11	14,11	1,38	14,04
-0,4269	0,9102469	0,970008932	0,37		6,142	6,142	0,379	6,13

Продолжение таблицы 1.2

f	N·f	l	c	c·l	N·f+c·l	(N·f+l·c)*cos φ/cos (α-φ)	T*cos φ/cos (α-φ)
0,532	53,26	1,92	18,3	35,14	88,391	81,80774823	94,15194542
0,781	78,25		1	1,92	80,172	63,71382117	80,84498138
0,532	53,26		18,3	35,14	88,391	81,80774823	94,15194542
0,532	68,3	1,79	18,3	32,76	101,06	91,68824503	102,3744513
0,781	100,4		1	1,79	102,15	80,63111358	89,06509724
0,532	68,3		18,3	32,76	101,06	91,68824503	102,3744513
0,532	30,12	1,38	18,3	25,25	55,371	49,61787394	39,41132957
0,781	44,25		1	1,38	45,633	35,95974393	34,65763442
0,532	30,12		18,3	25,25	55,371	49,61787394	39,41132957
0,781	56,19	1,65	1	1,65	57,835	45,65740863	39,09505097
0,532	38,24		18,3	30,2	68,432	60,819424	44,01335772
0,781	76,64	1,86	1	1,86	78,499	62,40856423	45,72385478
0,532	52,16		18,3	34,04	86,195	76,17164084	50,82443909
0,532	64,02	2,23	18,3	40,81	104,83	92,62301288	51,55390842
0,532	58,84	2,14	18,3	39,16	98,006	87,18919209	37,74365644
0,532	49,5	2,09	18,3	38,25	87,743	79,14015833	24,41722974
0,532	26,89	1,43	18,3	26,17	53,062	48,63619664	10,21663014
0,532	26,41	2,02	18,3	36,97	63,377	59,16614811	7,384162049
0,532	7,466	1	18,3	18,3	25,766	24,60514624	1,317485362
0,532	3,26	1,18	18,3	21,59	24,854	24,10814593	0,367813152

1287,057451 989,1007536

1,301239986