**Определение осадки насыпи (ПЗ № 6)**

Осадку насыпи устанавливаем путем суммирования сжатия отдельных слоев. При этом учитываем только вертикальное сжатие подстилающего грунта, полагая,что боковое выпирание учтено в модулях деформации слоев грунта, которые определены пробными нагрузками.

Вертикальное сжатие слоев фунта толщиной h, определяется по формуле:

, (9)

где ****– сжимающие давления в рассматриваемом слое грунта;

– модуль деформации грунта, МПа.

Сжимающие напряжения на различных глубинах могут быть вычислены по формуле для трапецеидальной эпюры нагрузки на поверхность фунта. В точках, расположенных по оси симметрии земляного полотна, сжимающие напряжения i-го слоя вычисляем по формуле:

, (10)

где Р – давление средней части насыпи, Па;

, (11)

где γ – удельный вес слоя грунта насыпи;

– высота насыпи.

Давление средней части насыпи определяем по формуле (11):

.

Углы и, стороны а иb указаны на рисунке 7. Также на рисунке 7 показан геологический разрез в месте расчета устойчивости на ПК 1+70, на котором указаны толщины слоев грунтов h и их модуль деформации Е.

Расчет напряжений грунтовых слоев и величины осадки земляного полотна:

Углы α1и α2находим с помощью рисунка 7, далее переводим их в радианы по формуле:

, (12)

где α – угол в радианах;

α° – угол в градусах.

Z= 0 м:

;.

Z= 2,8м:

;.

Z= 7,1 м:

;.

Z= 17,2 м:

;.

Cжимающие напряжения каждого слоя вычисляем по формуле (10):

Z= 0 м:



Z= 1,4 м:



Z= 3,7 м:



Z= 13,7 м:



Результаты расчета напряжений помещаем в таблицу 12

Таблица 12– Результаты расчета напряжений

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Z, м | Углы, град. | Углы, рад. | 2*α1+ α*2 | https://studfile.net/html/2706/5/html_9n9FVSd1Gq.cd37/img-XUs3uQ.png | https://studfile.net/html/2706/5/html_9n9FVSd1Gq.cd37/img-r1i0f9.png | https://studfile.net/html/2706/5/html_9n9FVSd1Gq.cd37/img-8AcFH0.png, кПа |
| *α1* | *α*2 | *α1* | *α*2 |  |  |  |  |
| 0 | 0,00 | 90,00 | 0,00 | 1,57 | 1,57 | 0,00 | 0,50 | 71,41 |
| 2,8 | 11,56 | 74,36 | 0,201 | 1,3 | 1,702 | 0,14 | 0,59 | 128,43 |
| 7,1 | 25,12 | 54,63 | 0,44 | 0,95 | 1,83 | 0,30 | 0,68 | 148,70 |
| 17,2 | 36,16 | 30,17 | 0,63 | 0,72 | 1,98 | 0,43 | 0,77 | 168,20 |

Вычислив сжимающие напряжения , считаем сжатие каждого слоя по формуле (9):

;

;

;

Расчет сжатия отдельных слоев приводим в таблицу 13.

Таблица 13 – Результаты расчета сжатия отдельных слоев

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № элементарного слоя | Мощность слоя, м | Давление на поверхностях выделенных слоев, кПа | Среднее давление, кПа | Модуль деформации, МПа | Сжатие выделенного слоя, см |
| 0 | 0 | 71,41 | 99,92 | 57 | 0,491 |
| 1 | 2,8 | 128,43 |
| 138,57 | 35 | 1,702 |
| 2 | 4,3 | 148,70 |
| 158,45 | 30 | 5,391 |
| 3 | 10,1 | 168,20 |

Общую осадку насыпи считаем по формуле:

, (13)

.

Дополнительный объем земляных работ за счет просадки грунта на 1 м насыпи считается по следующей формуле:

, (14)

где *l*– ширина основания насыпи.

Дополнительный объем земляных работ определяем по формуле (14):

.

**Определение максимального расхода от ливневых вод (ПЗ № 7)**

Расход – это количество протекающей воды через сечение за единицу времени. При наличии в районе снегового, грунтового, ледникового, селевого стоков расчёты должны быть на все виды стоков [2]. В данном случае считаем расход от ливневых вод.

Формула для определения ливневого стока:

 (15)

где – расчётная интенсивность ливня, мм/мин;

F– площадь водосбора, км2;

φ – коэффициент редукции.

Расчетную интенсивность определяем по формуле:

 (16)

где – интенсивность ливня часовой продолжительности, мм/мин;

Кt– коэффициент перехода от интенсивности ливня часовой продолжительности к расчётной продолжительности.

Коэффициент редукции вычисляем по формуле:

 (17)

Объём стока ливневых вод определяем по формуле:

  (18)

Дано:

По карте ливневого районирования [2] подбираем по заданию район проектирования, по [2] выбираем aчаси подбираем Кt.

Для трубы на ПК 1+70:

;

;

;

.

Таблица коэффициентов редукции часовой интенсивности осадков (Кt)

Таблица 2

| Площадь водосбора F, км2 | Коэффициенты редукции расчетных осадков Kt для следующих районов СССР: |
| --- | --- |
| № 1 | № 2 | № 3, 4 | №№ 5, 7 | № 6 | № 8 | № 9, 10 |
| 0,0001 | 4,10 | 4,20 | 4,20 | 4,30 | 4,75 | 4,05 | 3,85 |
| 0,0005 | 3,50 | 3,50 | 3,50 | 3,70 | 3,90 | 3,50 | 3,30 |
| 0,001 | 3,00 | 2,80 | 2,90 | 3,05 | 3,20 | 3,00 | 2,75 |
| 0,005 | 2,50 | 2,30 | 2,40 | 2,55 | 2,65 | 2,50 | 2,30 |
| 0,01 | 2,15 | 1,95 | 2,07 | 2,12 | 2,20 | 2,0 | 1,90 |
| 0,05 | 1,85 | 1,70 | 1,80 | 1,82 | 1,90 | 1,75 | 1,65 |
| 0,1 | 1,60 | 1,50 | 1,60 | 1,62 | 1,65 | 1,55 | 1,45 |
| 0,5 | 1,35 | 1,30 | 1,40 | 1,37 | 1,35 | 1,35 | 1,30 |
| 0,8 | 1,20 | 1,20 | 1,30 | 1,25 | 1,25 | 1,20 | 1,20 |
| 1,0 | 1,18 | 1,15 | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,18 | 1,15 |
| 5,0 | 1,05 | 1,03 | 1,10 | 1,09 | 1,05 | 1,05 | 1,03 |
| 7,0 | 1,0 | 1,0 | 1,05 | 1,04 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 10,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 50 | 0,94 | 0,95 | 1,0 | 0,99 | 0,98 | 0,96 | 0,97 |
| 100 | 0,90 | 0,90 | 0,93 | 0,91 | 0,92 | 0,91 | 0,92 |
| 300 | 0,89 | 0,89 | 0,90 | 0,88 | 0,91 | 0,90 | 0,90 |
| 500 | 0,87 | 0,85 | 0,87 | 0,86 | 0,90 | 0,85 | 0,86 |
| 1000 | 0,80 | 0,79 | 0,82 | 0,75 | 0,76 | 0,70 | 0,70 |
| 3000 | 0,78 | 0,73 | 0,80 | 0,70 | 0,70 | 0,6 | 0,6 |
| 5000 | 0,75 | 0,70 | 0,77 | 0,65 | 0,63 | 0,52 | 0,53 |
| 10000 | 0,70 | 0,64 | 0,70 | 0,55 | 0,50 | 0,40 | 0,40 |
| 50000 | 0,60 | 0,55 | 0,63 | 0,42 | 0,43 | 0,38 | 0,38 |
| 100000 | 0,55 | 0,50 | 0,57 | 0,35 | 0,40 | 0,35 | 0,35 |

**Определение максимального расхода от талых вод (ПЗ № 8)**

Максимальный расход талых вод рассчитываем по формуле:

 (19)

+где k0– коэффициент дружности половодья для района проложения дороги, принимается для Западной Сибири 0,013;

n– показатель степени редукции, равный 0,25;

δ1,δ2– коэффициенты учитывающие снижение максимальных расходов.

При отсутствии на участке строительства болот δ2принимают равным единице.

Коэффициент, учитывающий снижение максимального расхода в залесённых бассейнах вычисляется по формуле:

δ1=1/Ал+1 (20)

где Ал– залесённость водосбора, %.

Залесённость водосбора принимается 50% на ПК3+51.

hp– расчётный слой стока, вычисляемый по формуле:

 (21)

где h– средний слой стока,, выбираем по [2];

kр– модульный коэффициент,, выбираем по [2].

Для всех пикетов 

.

По вычисленным значениям принимаем:

.

**Определение объемов земляных работ (ПЗ № 10)**

Объемы земляных работ включают объемы насыпей, выемок, присыпных обочин, кюветов, снимаемого плодородного слоя.



Рис. 4.1. Схема к определению объема насыпи и присыпных обочин.

Для принятой конструкции дорожной одежды вычисляют ширину верха земполотна В, снижение ∆*h* бровки верха земляного полотна относительно проектной линии (оси проезжей части). Предварительно определяют разность отметок оси проезжей части и бровки обочины ∆У по формуле (3.18), а также разность отметок проектной линии и бровки верха земполотна (рис. 4.1)

  (4.1)

 , (4.2)

где Н – толщина дорожной одежды по оси проезжей части;

*i*3n– поперечный уклон верха земляного полотна (i3n=0.03);

m – заложение относа насыпи;

*i*n – поперечный уклон проезжей части;

b – ширина проезжей части дорог II – VI категорий или одного направления дороги I категории;

c – ширина укрепительной полосы;

a – ширина обочины.

Ширина верха земляного полотна:

В = Вп + 2m (∆h - ∆y), (4.3)

где Вп – ширина дорожного полотна (расстояние между бровками обочины).

 **Определение объемов насыпей**

Объем насыпи при высоте до 6.0*м* на участке длиной *ℓ* равен:

 , (4.4)

где m – заложение откоса насыпи;

h – средняя высота земляного полотна в насыпи.

 , (4.5)

где *h*1 и *h*2 – рабочие отметки в начале и конце участка насыпи длиной ℓ;

∆*h* – по формуле (4.2)

Объем плодородного слоя толщиною *h*nc , снимаемого из-под насыпи:

  (4.6)

Общий объем насыпи:

  (4.7)

При высоте насыпи более 6*м* объем насыпи равен:

 *ℓ,*  (4.8)

Объем плодородного слоя

 ℓ*,*  (4.9)

**Определение объемов выемок**



Рис. 4.2. Схема к определению объема выемки.

Объем выемки (рис. 4.2) протяжением *ℓ* вычисляют:

 , (4.10)

где В1 – ширина выемки по низу (рис. 4.2), вычисляется по формуле (4.11);

*i*зп – поперечный уклон верха земполотна (*i*зп = 0,03);

*h*– средняя глубина выемки, вычисляется по формуле (4.12);

*m1* – заложение откосов со стороны местности;

В – расстояние между бровками верха земполотна (см. рис. 4.1), вычисляется по формуле (4.3).

 , (4.11)

где m – заложение откоса со стороны обочины;

hк, ак – глубина и ширина кювета (кювет – резерва).

  (4.12)

где *h*1 и *h*2 – рабочие отметки на концах участка выемки длиной *ℓ*;

∆У – разность отметок проектной линии и бровки обочины, вычисляется по формуле (3.18);

∆*h* – расстояние от бровки верха земляного полотна до бровки обочины, вычисляется по формуле (4.1).

Объем плодородного слоя, снимаемого до разработки грунта выемки на участке длиною *ℓ*:

  (4.13)

где *В*1– ширина выемки по низу, вычисляется по (4.11);

*h*пс – толщина плодородного слоя.

Общий объем выемки:

  (4.14)

**Определение объемов присыпных обочин**

В случае насыпей и выемок вычисляют объем присыпных обочин (рис. 4.1)

 , (4.15)

где  , (4.16)

 , (4.17)

где *а* и *с* – ширина обочины и укрепительной полосы;

*h*о– толщина основания дорожной одежды (рис. 4.1);

*hп* – толщина покрытия;

i0– уклон обочины;

*iзп* – уклон верха земполотна;

**Определение объемов кюветов**

В случае выемок вычисляют объемы двух кюветов по формуле:

 , (4.18)

где *hк0* = *hк - ∆h + ∆*У;

*ак* – ширина кювета (кювет – резерва);

*hк* – глубина кювета (расстояние от бровки до дна кювета);

*∆h* – снижение бровки верха земполотна, определяется по (4.2);

∆У – разность отметок проектной линии и бровки обочины, вычисляется по (3.18);

*m, m1* – заложение откосов со стороны обочины и местности;

*ℓ* - протяжение участка выемки.

При выходе из выемки (на участке низкой насыпи) глубина кювета изменяется от hк до 0. Поэтому на таком участке объем кюветов вычисляется по формуле:

 , (4.19)

В случае невысоких насыпей объем одного кювета вычисляют по формуле:

 , (4.20)

где *h*1, *h*2– рабочие отметки (высота насыпей) на концах участка дороги длиною *ℓ*;

*а*к, *h*к, ∆У, *m*, *m*1– аналогичны обозначениям формулы (4.18).

В курсовом проекте объемы земляных работ вычисляют на участке перехода земляного полотна из насыпи в выемку протяжением 300-400*м*. Пикетное положение точки перехода из насыпи в выемку, а также начала кювета определяется по геометрическим соображениям и рассмотрено далее на примерах.

**Примеры вычисления объемов земляных работ**

Исходные данные. Дорога III технической категории на участке ПК10 - ПК13 проходит по лесу, частично в насыпи и частично в выемке. Рабочие отметки насыпи равны 2.16*м* и 1.16*м* на пикетах 10+00 и 11+00 и выемки 1.00 и 2.00 соответственно на пикетах 12+00 и 13+00. Глубина кювета принята равной 1.20*м*, ширина по низу 0.4*м*. Заложение откосов земляного полотна в насыпи назначено 1:4 по условиям безопасности движения. Такое же заложение откоса выемки со стороны обочины. Заложение внешнего откоса выемки (со стороны леса) принято 1:1.5 по условиям его устойчивости. Плодородный слой имеет толщину 0.10 м. Дорожная одежда включает покрытие 0,01м, основание 0.20*м* и дренирующий слой толщиною 0.20*м*.

Требуется вычислить объемы насыпей, выемок, кюветов, присыпных обочин на данном участке дороги.

Предварительно на основе исходных данных вычерчиваем конструкцию дорожной одежды и земполотна в насыпи (рис. 4.3) и вычисляем снижение бровки верха земляного полотна *∆h* и ширину В.

Из рис. 4.3. и формулы (3.18) следует, что

∆У = *i*o (a - c) +*in* (b + c) = 0,04 (2,50 – 0,50) + 0,02 (3,50 + 0,50) = 0,16*м*

Вычисляем по формуле (4.2) величину *Н*1 (см. рис. 4.1, 4.3):

*Н*1 = *Н* – (*in – iзп*) (0,5b + c) - (*io* – *iзп*) (а – с)

 *м*

Снижение бровки верха земляного полотна определяем по (4.1):

∆h = Н1 + iзп mH1 + ∆y = 0,52 + 0,03 ∙ 4 ∙ 0,52 + 0,16=0,74*м*

Вычисляем ширину верха земляного полотна по (4.3):

В = Вп + 2m (∆h - ∆y) = 12 + 2 ∙ 4 (0,74 – 0,16) = 16,64*м*



Рис. 4.3. Конструкция дорожной одежды и земполотна в насыпи:

1 – покрытие; 2 – основание; 3 – дренирующий слой;

4 – присыпная обочина; 5 – верх земляного полотна.

**Пример 4.1**. Для приведенных выше исходных данных требуется вычислить объем земляных работ насыпи на участке ПК10 – ПК11+00. Рабочие отметки на ПК10 и на ПК11, соответственно, равны 2,16 и 1,16, а снижение их за счет дорожной одежды 0,74*м*. Следовательно, земляное полотно на протяжении 100*м* является насыпью.

Насыпь на участке ПК10 - ПК11 имеет среднюю высоту (формула (4.5)):

 *м*

На участке ПК10-ПК11 объем насыпи вычислим по (4.4):



Объем плодородного слоя по (4.6):

 *м*3

Общий объем насыпи по (4.7):

 *м3*

**Пример 4.2**. Для приведенных выше исходных данных требуется вычислить объем насыпи на участке ПК11 – ПК12.

На участке ПК11 - ПК12 происходит переход насыпи в выемку (рис. 4.4). Найдем длину участка насыпи *ℓн* и выемки *ℓв* .



Рис. 4.4. Схема к определению длины участка насыпи *ℓн* и выемки *ℓв*

на участке ПК11-ПК12: 1 – проектная линия;

2 – черный профиль; 3 – бровка верха земляного полотна.

Длина участка насыпи *ℓн*.:



Длина участка выемки *ℓв*.:



Высота насыпи на ПК 11+20 равна нулю. Средняя высота насыпи на участке РК11+00 - РК11+20 (рис. 4.4):



**Объем насыпи** на участке ПК11+00 - ПК11+20 вычислим по формуле (4.4):

 *м3*

Объем плодородного слоя определим по формуле (4.6):



**Общий объем насыпи**

 *м*3

**Пример 4.3.** Для приведенных выше исходных данных требуется определить объем выемки на участке ПК12 – ПК13.

Для размещения слоев дорожной одежды выемка разрабатывается на глубину, большую средней рабочей отметки на величину ∆*h*. На участке ПК12 - ПК13 средняя глубина выемки по формуле (4.12):

 *м*

Ширину низа выемки вычислим по формуле (4.11):



**Объем выемки** на участке ПК12 - ПК13 вычислим по формуле (4.10):



**Объем плодородного слоя** по (4.13):

 *м*3

**Общий объем выемки** на участке ПК12 - ПК13 равен:

 *м*3

**Пример 4.4.** Для приведенных выше исходных данных требуется определить объем выемки на участке ПК11 – ПК12. Из примера 4.2 следует, что переход насыпи в выемку имеет место на ПК11 + 20. Глубина выемки на ПК 11 + 20 равна нулю.

**Выемка** на участке ПК 11+20 – ПК 12+00 имеет среднюю глубину (см. рис. 4.4):

 *м*

**Объем выемки** на участке ПК 11+20 – ПК 12+00 вычислим по формуле (4.10):

 *м*3

**Объем плодородного слоя** на участке ПК 11 + 20 - ПК 12+00 по формуле (4.13):

 *м*3

**Общий объем выемки** на участке ПК 11+20 – ПК 12+00:

 *м*3

**Пример 4.5**. Для приведенных выше исходных данных требуется вычислить объем кюветов на участке ПК10 – ПК13.

Вычислим по (3.17) высоту насыпи, при которой начинается кювет:



Так как на ПК11+00 высота насыпи равна 1,16*м*, что меньше *h*нк = 1,36, а на пикете 10 + 00 высота насыпи равна 2,16, что больше *hнк* = 1,36, то кювет начинается на участке насыпи ПК10+00 – ПК11+00 на расстоянии Хк от пикета 10+00.



Рис. 4.5. Схема к определению объема кюветов: 1 – проектная линия;

2 – бровка обочины; 3 – черный профиль;

4 – бровка верха земляного полотна; 5 – дно кювета.

Вычисляем значение Хк (рис. 4.5) по формуле (3.20):



Таким образом, на участке ПК10 - ПК13 кювет проектируется на протяжении 280 м (от ПК 10+80 до ПК 13+00). Площадь поперечного сечения кювета (рис. 4.2) имеет форму трапеции высотою  на участке от ПК 11+20 до ПК 13+00. На участке от ПК 11+20 до ПК 10+80 высота трапеции (глубина кювета) уменьшается до нуля. На ПК 11+00 она равна  .

Среднее значение этой высоты 0,5 · (0+0,20) = 0,10 на участке ПК 10+80 – ПК 11+00 и 0,5·(0,20+0,61) = 0,41 на участке ПК 11+00 – ПК 11+20.

**Объем кюветов** вычислим по формуле (4.18) на участках:

а) ПК 10+80 ÷ ПК 11+20



б) ПК 11+00 – ПК 11+20



в) ПК 11+20 ÷ ПК 12+00



г) ПК 12-00 – ПК 13+00



**4.2. Определение объемов планировочных работ**

Площади откосов выемок Ав , насыпей Ан, дна кюветов Адн ,закюветной полки Апвычисляются по формулам:

а) выемка: **

б) насыпь высотой откоса до 6*м: *

в) насыпь высотой откоса более 6*м: *

г) дно кюветов (кювет-резервов): 

д) закюветных полок: 

где*h*1, *h*2 – рабочие отметки по концам участка выемки или насыпи длиною *ℓ*;

∆У – разность отметок оси и бровки, определяется по формуле (3.18);

*h*к – глубина кювета;

*a*к– ширина по дну кювета (кювет-резерва);

*a*п– ширина закюветной полосы;

*ℓ*1*, ℓ*2*, ℓ*3 – длины образующих откоса при высоте откоса, равной 1м.

*ℓ1= *; *ℓ2 = *

*ℓ3 = *

где m1 – заложение откоса со стороны обочины;

m2 – заложение откоса со стороны местности.

**Пример 4.6** Составление ведомости поперечного подсчета земляных работ

Образец цифры **не привязаны** к ранее описанным **Примерам 4.1- 4.5**

