# Аннотация

Курсовая работа по дисциплине «Основы проектирования автомобильных дорог» представляет собой обоснованные расчёты по определению устойчивости откосов земляного полотна, осадки насыпи, а также проектирование и расчёт параметров водопропускной трубы и водоотводной канавы автомобильной дороги IV технической категории, находящейся в Тогульском районе Алтайского края.

В курсовой работе изложены следующие вопросы:

- анализ исходных данных и характеристика района проектирования;

- определение устойчивости откосов земляного полотна;

- определение осадки насыпи;

- проектирование и расчёт параметров водоотводной трубы;

- проектирование и расчёт параметров водоотводной канавы.

Страниц –

Таблиц –

Рисунков –

Литература – наим.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  | *КР 270205.23.000 ПЗ* |
|  |  |  |  |  |
| *Изм.* | *Лист* | *№ контр.* | *Подпись* | *Дата* | *Проектирование земляного полотна и водоотводных сооружений* | *Стадия* | *Лист* | *Листов* |
| *Разраб.* | *Ильичева* |  |  | *У* | *2* |  |
| *Пров.* | *Строганов* |  |  | *гр. АДА-71* |
|  |  |  |  |
| *Н. контр.* | *Строганов* |  |  |
| *Утверд.* | *Меренцова* |  |  |

# Введение

Для движения автомобилей с большими скоростями необходимо, чтобы ровность покрытий оставалась неизменной в течение всего периода эксплуатации дороги. Это может быть достигнуто только при прочном и устойчивом земляном полотне, не дающем просадок и не подверженном процессам пучинообразования. Под прочностью земляного полотна понимается его способность сохранять, не деформируясь при действии внешних сил и природных факторов, приданные ему при строительстве форму и размеры; под устойчивостью – сохранение предусмотренного проектом положения в пространстве без смещений и просадок.

Целью курсовой работы является разработка проекта строительства земляного полотна и водоотводных сооружений дороги IV категории в Тогульском районе Алтайского края.

К задачам курсовой работы относятся:

* определение устойчивости откосов земляного полотна;
* определение осадки насыпи;
* проектирование и расчёт параметров водопропускной трубы;
* проектирование и расчёт параметров водоотводной канавы;
* освоение методики расчёта устойчивости откосов и определения осадки насыпи, основных параметров водопропускных труб и водоотводных канав.

# Содержание

[Аннотация](#_Toc199178469)

[Введение](#_Toc199178470)

[Содержание](#_Toc199178471)

[1 Анализ исходных данных и характеристика района проектирования](#_Toc199178472)

[1.1 Рельеф](#_Toc199178473)

[1.2 Геологические и гидрологические условия](#_Toc199178474)

[1.3 Почвы и растительность](#_Toc199178475)

[1.4 Климатические условия](#_Toc199178476)

[2 Проектирование и расчет земляного полотна](#_Toc199178477)

[2.1 Определение устойчивости откосов земляного полотна](#_Toc199178478)

[2.2 Определение осадки насыпи](#_Toc199178479)

[3 Проектирование и расчет параметров водопропускной трубы](#_Toc199178480)

[3.1 Определение максимального расхода от ливневых вод](#_Toc199178481)

[3.2 Определение максимального расхода от талых вод](#_Toc199178482)

[3.3 Расчет отверстия и геометрических размеров водопропускных труб](#_Toc199178483)

[3.4 Определение пропускной способности трубы](#_Toc199178484)

[3.5 Подбор отверстий водопропускных труб с учетом аккумуляции](#_Toc199178485)

[4 Проектирование и расчет параметров водоотводной канавы](#_Toc199178486)

[4.1 Расчет основных параметров водоотводной канавы](#_Toc199178487)

[4.2 Проектирование продольного профиля канавы](#_Toc199178488)

[4.3 Определение объемов земляных работ при сооружении водоотводной канавы](#_Toc199178489)

[5 Ведомость искусственных сооружений](#_Toc199178490)

[Заключение](#_Toc199178491)

[Список литературы](#_Toc199178492)

# Анализ исходных данных и характеристика района проектирования

Данный район строительства (по заданию) – Тогульский район Алтайского края находится в 3-ей дорожно-климатической зоне, согласно дорожно-климатическому районированию России. Лето в районе строительства теплое со средней температурой 16,6о С, зима холодная со средней температурой -14,5о С; годовой перепад температур колеблется от –50о С до +37о С; среднегодовые изотермы равны 0; весной, летом и осенью среднее количество осадков около 317мм., а зимой около 120мм.; средняя дата образования устойчивого снежного покрова является 7 ноября, а средняя дата разрушения устойчивого снежного покрова приходится на 6 апреля.

Более подробно климат Тогульского района можно проследить по дорожно-климатическому графику, который будет рассмотрен в пункте 1.6.

**1.1 Климат**

Для построения дорожно-климатического графика района строительства земляного полотна используются данные, приведённые в таблицах 1.1 – 1.5 и рассчитывается период весенней и осенней распутицы. На графике приведены необходимые сведения для составления календарного графика производства работ: глубина промерзания грунта в период перед распутицей состовляет 91см., что в значительной степени уменьшает период весенней распутицы, а значит способствует начинать возведение земляного полотна в более ранний срок; температура, абсолютная влажность и выпадение атмосферных осадков по сравнению с северными районами Алтайского края также способствуют улучшению строительства земляного полотна. Среднемесячная температура Тогульского района изменяется от минус 19,2оС до плюс 18,1оС. Первый 0оС приходится на 14 апреля.

Таблица 1 – Средняя температура воздуха

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Месяцы  | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | год |
| Средняя температура воздуха, оС | 19,2 | 17,5 | 10,8 | 0,2 | 9,8 | 15,8 | 18,1 | 15,8 | 9,7 | 1,7 | 9,7 | 15,9 | 0,1 |

Таблица – Среднее количество осадков, приведенное к показателям осадков

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Месяцы | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | XI-III | IV-X | Год |
| Осадки, мм | 20 | 16 | 17 | 27 | 39 | 56 | 62 | 55 | 38 | 40 | 36 | 31 | 120 | 317 | 437 |

в миллиметрах

Таблица 3 – Глубина промерзания почвы

|  |  |
| --- | --- |
|  | Из max на зиму |
| Месяцы | XI | XII | I | II | III | IV | ср. | max | min |
| Глубина, см | 4 | 35 | 59 | 79 | 86 | 91 | 91 | - | - |

в сантиметрах

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Месяцы | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Год |
| Упругость пара, Мб | 1,5 | 1,7 | 2,4 | 5,1 | 7,6 | 12,6 | 15,8 | 13,6 | 9,0 | 5,5 | 3,0 | 1,8 | 6,6 |

Таблица 4 – Средняя месячная и годовая упругость водяного пара (абсолютная влажность)

в мегабарах

Таблица 5 – Средняя декадная высота снежного покрова

в сантиметрах

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Месяцы | IX | X | XI | XII | I |
| Декада | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Высота, см | - | - | - | - | - | 1 | 5 | 9 | 14 | 16 | 20 | 23 | 27 | 29 | 31 |
|  |
| II | III | IV | V | Наиб. на зиму | Место установки рейки |
| 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | ср. | max | min |
| 32 | 36 | 36 | 37 | 38 | 36 | 24 | 8 | - | - | - | - | 40 | 68 | 13 | Открытое |

По данным таблиц 1 – 5 строим дорожно-климатический график.

**1.2 Рельеф местности**

На юге Тогульского района преобладают слабоволнистые равнинные ландшафты междуречий: байрочно-полевые с пахотными угодиями на чернозёмах выщелаченных и байрочными березняками;

Северо-западней находятся лесо-лугово-полевые угодия на чернозёмах оподзоленных в сочетании с разнотравно-злаковыми остепнёнными лугами и высокотравными березняками на серых лесных почвах;

Северо-восточней находятся низменные лесостепные ландшафты: луговые и болотно-луговые пойменные разнотравно-злаковые с аллювиальными луговыми и болотно-луговыми почвами;

Северо-восточней располагаются предгорные лесостепные ландшафты: лесо-лугово-полевые с пахотными угодиями и разнотравно-злаковыми остепнённымилугами на чернозёмах оподзоленных и выщелаченных в сочетании с высокотравными березняками на серых лесных почвах;

Северо-восточней находятся предгорные лесные ландшафты: подтаёжные с высокотравными березняками и пахатными угодиями на серых лесных почвах.

 **1.3 Почвы**

На юге, юго-западе и западе Тогульского района преобладают чернозёмы выщелоченные;

Северо-восточнее находятся лугово-чернозёмные и луговые, пойменные, часто засоленные почвы;

Северо-восточней находятся серые лесные почвы;

Встречаются также горно-лесные, дёрново-глубокоподзолистые почвы.

**1.4 Растительность**

Растительность Тогульского района имеет многообразную структуру, которая складывается из следующих классов растительности:

Луговые степи и остепные луга:

- на юге преобладают злаково-гранатниково-разнотравные луговые степи и остепнённые луга в сочетании с берёзовыми, осиново-берёзовыми лесами;

- Северней и северо-западней располагаются разнотравно-злаковые, бобово-разнотравно-злаковые, остепнённые луга в сочетании с берёзовыми, осиново-берёзовыми лесами.

Луга:

- Северо-восточнее находятся разнотравно-злаковые, злаковые с зарослями кустарниковых ив, тополёвыми и ветловыми лесами.

Подтаёжные леса:

- Ещё северо-восточнее располагаются берёзовые, осиново-берёзовые, высокотравные, частично распаханные территории.

Горные, таёжные, подтаёжные и черневые леса:

- Осиново-пихтовые высокотравные черневые и производные берёзово-осиновые на их месте с зарослями кустарников и высокотравными лугами. Обитают : из зверей - лось, косуля, медведь, волк, рысь, лиса, выдра, норка, заяц, белка; из птиц - рябчик, глухарь, тетерев, утка, сойка, журавль; из рыб - карась, линь, щука, окунь, хариус, налим.

**1.5 Инженерно-геологические условия**

По геологическому строению Тогульский район делится на три части:

1)На севере и северо-востоке преобладает кембренская система: песчаники, сланцы, конгломераты, известняки, туфы, порфириты;

2)На западе и юго-западе расположена кайнозойская группа: нижний средний отделы. Субаэральные отложения. Лёссовидные суглинки и супеси с горизонтами погребённых почв, пески, супеси, суглинки, илы, глины, иногда с включениями щебня;

3)На юго-востоке в меньшей степени имеется каменноугольная система, песчаники, аргиллиты, пласты углей, известняки, глинистые сланцы.

Карту четвертичных отложений можно охарактеризовать следующим образом:

- На юге и юго-западе преобладают эолово-аллювиальные отложения: лёссовидные суглинки, илы, глины;

- Северо-восточнее находятся аллювиальные отложения: суглинки, супеси, галечники, валунники;

- Северо-восточнее располагаются делювиальные отложения: суглинки, щебень;

- Северо-восточнее находятся дефлюкционные отложения:

щебнистые суглинки. В Тогульском районе основную часть грунтов состовляет суглинок лёгкий (как по заданию).

**1.6 Дорожно–климатический график**



Рисунок 1 – Дорожно–климатический график

 - температура воздуха;

 - количество осадков;

 - абсолютная влажность;

 - глубина промерзания грунта;

 - высота снежного покрова.

# Проектирование и расчет земляного полотна

## Определение устойчивости откосов земляного полотна

Откосы являются наиболее неустойчивой частью земляного полотна в насыпях и выемках: грунт на поверхности откосов подвергается воздействию атмосферных осадков и ветра, при нарушении условий равновесия откосы деформируются.

Устойчивость – сохранение предусмотренного проектом положения насыпи в пространстве без смещения и просадок. Устойчивость откосов определяем по коэффициенту устойчивости – отношению сил или моментов, удерживающих насыпь к силам или моментам сдвигающим.

Условие устойчивости откоса:

$К\_{уст}=^{\sum\_{}^{}М\_{уд}}/\_{\sum\_{}^{}М\_{сдв}}\geq 1,2$ (1)

где $М\_{уд}$ – удерживающий момент; $М\_{сдв}$ – сдвигающий момент.

Для того, чтобы проверить откосы насыпи на устойчивость, необходимо вычислить коэффициент устойчивости $К\_{уст}$.

Расчет $К\_{уст}$ производим в следующей последовательности:

1. Вычерчиваем на миллиметровке в масштабе 1 : 200 поперечный профиль насыпи. Расчет устойчивости дорожной насыпи ведем на собственный вес грунта и вес дорожной одежды, нагрузка от веса автомобилей является дополнительной. Заменяем её на нагрузку эквивалентного слоя грунта. Толщину слоя грунта вычисляем по формуле:

$H=^{НГ∙4}/\_{\left(2∙α+0,4\right)∙γ}$ (2)

где НГ = 60 кПа – временная нагрузка от гусеничной машины, соответствующая нормативной нагрузке (давление 60 кН/м гусеницы при ширине машины 3,3 м); $α$ – ширина машины, м; $γ$ – удельный вес грунта насыпи, 17кН/м.

Вычисляем нагрузку эквивалентного слоя грунта по формуле (2):

$$H=^{60∙4}/\_{\left(2∙3,3+0,4\right)∙17}=2,02 м$$

2. Определяем положение центров кривых скольжения, выполняя следующие построения:

* из верхней бровки (точка B) откоса проводим прямую под углом 35° к горизонту;
* из нижней бровки откоса (точка A) проводим прямую под углом 26° к линии, соединяющей точки A и B. На пересечении этой прямой и прямой, проведенной из точки B, отмечаем точку C;
* для определения точки D из нижней бровки откоса откладываем вниз расстояние равное высоте насыпи Нн, затем по горизонтали в сторону насыпи – 4,5·Нн;
* соединяем точки D и C прямой;
* для получения центра кривой скольжения O из середины отрезка, соединяющего точки A и N, проводим перпендикуляр до пересечения с продолжением прямой DC;
* из центра кривой скольжения O проводим след кругоцилиндрической поверхности радиусом $R = ON$, значение которого определяем соответственно по рисункам 3-12;

3. Полученную призму обрушения делим на ряд отсеков. Условно принимаем точку приложения веса каждого отсека на пересечении дуги скольжения с линией действия веса отсека. Раскладываем вес каждого отсека на 2 составляющих $N = Q ∙ cosδ$ – нормальную к кривой скольжения и $T = Q ∙ sinδ$ – касательную, сдвигающую объём грунта: δ – угол наклона отрезков кривой скольжения к вертикали в пределах каждого отсека.

$sinδ=^{X}/\_{R}$ (3)

где X – расстояние до вертикального радиуса, определяемое по рисунку;

R – радиус кривой скольжения.

4. Внося значения $sinδ$ соответственно в таблицы 6-15 принимаем их со знаком «–» если расстояние X отмеряется влево от вертикали, проходящей через центр кривой скольжения, и со знаком «+» – если вправо.

5. По рисункам 3-12 вычисляем площадь, а затем и вес каждого отсека, результаты заносим соответственно в таблицы 6-15.

6. Вычисляем значения N и Т, результаты заносим соответственно в таблицы 6-15.

7. По рисункам 2-11 определяем длины кривых скольжения L и вычисляем коэффициент устойчивости по формуле:

$K\_{уст}=^{f∙\sum\_{}^{}N+cL}/\_{\sum\_{}^{}T}$ (4)

где f – коэффициент, равный 0,45;

c – сцепление грунта равное 1,5 кг/см3.

Расчеты необходимо произвести при прохождении кривой скольжения через пять точек, в соответствии со схемой, изображенной на рисунке 2.



Рисунок 2 – Схема определения положения точек для расчета коэффициента устойчивости откосов земляного полотна

Произведем расчет коэффициента устойчивости откосов земляного полотна при двойном заложении откосов (1:1,5 и 1:1,75):

***Расчёт устойчивости откосов земляного полотна на ПК 1+70:***

Расчет устойчивости откосов при прохождении кривой скольжения через точку 1 производим в соответствии с рисунком 3.

1. Вычисляем $sinδ\_{i}=^{X\_{i}}/\_{R}$:

$sinδ\_{1}=^{119,19}/\_{154,42}=0,77$;

$sinδ\_{2}=^{104,19}/\_{154,42}=0,67$;

$sinδ\_{3}=^{89,19}/\_{154,42}=0,58$;

$sinδ\_{4}=^{74,19}/\_{154,42}=0,48$;

$sinδ\_{5}=^{59,19}/\_{154,42}=0,38$;

$sinδ\_{6}=^{44,19}/\_{154,42}=0,29$;

$sinδ\_{7}=^{28,94}/\_{154,42}=0,19$.

2. Вычисляем $δ\_{i}=sinδ\_{i}∙^{180°}/\_{π}$:

$δ\_{1}=50°52'$;

$δ\_{2}=42°43'$;

$δ\_{3}=35°28'$;

$δ\_{4}=29°18'$;

$δ\_{5}=22°54'$;

$δ\_{6}=17°03'$;

$δ\_{7}=11°20'$.

3. Вычисляем $cosδ\_{i}$:

$cosδ\_{1}=cos50°52^{'}=0,64$;

$cosδ\_{2}=cos42°43'=0,74$;

$cosδ\_{3}=cos35°28'=0,82$;

$cosδ\_{4}=cos29°18'=0,88$;

$cosδ\_{5}=cos22°54'=0,92$;

$cosδ\_{6}=cos17°03'=0,96$;

$cosδ\_{7}=cos11°20'=0,98$.

4. Вычисляем площади частей по формуле:

$Ω=C+^{\left(A+B\right)∙X}/\_{2}$, (5)

где Ω – площадь сектора;

A – высота правой грани сектора;

B – высота левой грани сектора;

X – ширина сектора.

C – площадь кругового сегмента.

$Ω\_{1}=2,88 м^{2}$;

$Ω\_{2}=6,35 м^{2}$;

$Ω\_{3}=7,61 м^{2}$;

$Ω\_{4}=7,65 м^{2}$;

$Ω\_{5}=6,83м^{2}$;

$Ω\_{6}=4,88 м^{2}$;

$Ω\_{7}=1,95 м^{2}$.

5. Вычисляем по формуле:

$Q=Ω∙γ$, (6)

где Ω – площадь сектора;

γ – удельный вес, 17,25 кН/м2.

$Q\_{1}=2,88∙17=48,96 кН$;

$Q\_{2}=6,35∙17=108,02 кН$;

$Q\_{3}=7,61∙17=129,34 кН$;

$Q\_{4}=7,65∙17=130,05 кН$;

$Q\_{5}=6,83∙17=116,08 кН$;

$Q\_{6}=4,88∙17=83,03 кН$;

$Q\_{7}=1,95∙17=33,18 кН$.

6. Вычисляем нормальные силы N по формуле:

$N = Q∙cosδ$, (7)

где N – нормальная сила;

Q – сдвигающая сила.

$N\_{1}=48,96∙0,64=31,33 кН$;

$N\_{2}=108,02∙0,74=79,93 кН$;

$N\_{3}=129,34∙0,82=106,06 кН$;

$N\_{4}=130,05∙0,88=114,44 кН$;

$N\_{5}=116,08∙0,92=106,79 кН$;

$N\_{6}=83,03∙0,96=79,71 кН$;

$N\_{7}=33,18∙0,98=32,52 кН$;

$\sum\_{}^{}N=550,78 кН$.

7. Вычисляем касательные силы T по формуле:

$T = Q∙sinδ$, (8)

где T – касательная сила;

Q – сдвигающая сила.

$T\_{1}=48,96∙0,77=37,7 кН$;

$T\_{2}=108,02∙0,67=72,37 кН$;

$T\_{3}=129,34∙0,58=75,02 кН$;

$T\_{4}=130,05∙0,48=62,42 кН$;

$T\_{5}=116,08∙0,38=44,11 кН$;

$T\_{6}=83,03∙0,29=24,08 кН$;

$T\_{6}=33,18∙0,19=6,3 кН$;

$\sum\_{}^{}T=322 кН$.

Все полученные значения заносим в таблицу 6.

Таблица 6 – Ведомость определения устойчивости откосов земляного полотна при прохождении кривой скольжения через точку 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номеротсека | sinδ | δ ° ' | cosδ | Ω, м2 | Q=Ω·γ,кН | N=Q·cosδ,кН | T=Q·sinδ,кН |
| 1 | 0,77 | 50°52' | 0,64 | 2,88 | 48,96 | 31,33 | 37,7 |
| 2 | 0,67 | 42°43' | 0,74 | 6,35 | 108,02 | 79,93 | 72,37 |
| 3 | 0,58 | 35°28' | 0,82 | 7,61 | 129,34 | 106,06 | 75,02 |
| 4 | 0,48 | 29°11' | 0,88 | 7,65 | 130,05 | 114,44 | 62,42 |
| 5 | 0,38 | 22°54' | 0,92 | 6,83 | 116,08 | 106,79 | 44,11 |
| 6 | 0,29 | 17°03' | 0,96 | 4,88 | 83,03 | 79,71 | 24,08 |
| 7 | 0,19 | 11°20' | 0,98 | 1,95 | 33,18 | 32,52 | 6,3 |

$K\_{уст}=0,88$ – это означает, что в точке 1 при принятом заложении откосов 1:1,5 и 1:1,75 откосы не устойчивы.

Так как условие $K\_{уст}>1,2$ не выполняется, необходимо провести мероприятия по увеличению $K\_{уст}$ откосов земляного полотна. Для этого устраиваем берму шириной 3 м на каждом откосе.

Произведем расчет коэффициента устойчивости откосов земляного полотна при двойном заложении откосов (1:1,5 и 1:1,75) с устройством бермы.

Расчет устойчивости откосов при прохождении кривой скольжения через точку 1 заносим в таблицу 7.

Таблица 7 – Ведомость определения устойчивости откосов земляного полотна при прохождении кривой скольжения через точку 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номеротсека | sinδ | δ ° ' | cosδ | Ω, м2 | Q=Ω·γ,кН | N=Q·cosδ,кН | T=Q·sinδ,кН |
| 1 | 0,76 | 49°30' | 0,65 | 2,70 | 45,9 | 29,83 | 34,88 |
| 2 | 0,67 | 41°41' | 0,75 | 5,89 | 100,13 | 75,09 | 67,09 |
| 3 | 0,57 | 34°43' | 0,82 | 6,97 | 118,49 | 97,16 | 67,54 |
| 4 | 0,47 | 28°19' | 0,88 | 9,49 | 161,33 | 141,97 | 75,83 |
| 5 | 0,38 | 22°16' | 0,93 | 11,18 | 190,06 | 176,76 | 72,22 |
| 6 | 0,29 | 16º28' | 0,96 | 9,20 | 156,40 | 150,14 | 43,79 |
| 7 | 0,19 | 10º51' | 0,98 | 6,24 | 106,08 | 103,96 | 20,16 |
| 8 | 0,09 | 5 º15' | 0,99 | 2,38 | 40,46 | 40,05 | 3,65 |

$K\_{уст}=1,06$.

Так как условие $K\_{уст}>1,2$ не выполняется, необходимо провести мероприятия по увеличению $K\_{уст}$ откосов земляного полотна. Для этого производим выполаживание откосов с устройством бермы шириной 3 м на каждом откосе.

Произведем расчет коэффициента устойчивости откосов земляного полотна при двойном заложении откосов (1:1,5 и 1:2,5) с устройством бермы в точках в которых ранее условие $K\_{уст}>1,2$ не выполнялось:

Расчет устойчивости откосов при прохождении кривой скольжения через точку 1 производим в соответствии с рисунком 4, результаты вычислений заносим в таблицу 8.

Таблица 8 – Ведомость определения устойчивости откосов земляного полотна при прохождении кривой скольжения через точку 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номеротсека | sinδ | δ ° ' | cosδ | Ω, м2 | Q=Ω·γ,кН | N=Q·cosδ,кН | T=Q·sinδ,кН |
| 1 | 0,74 | 47°55' | 0,67 | 2,34 | 39,78 | 26,65 | 29,44 |
| 2 | 0,65 | 40°51' | 0,76 | 5,15 | 87,52 | 58,64 | 56,89 |
| 3 | 0,57 | 34°27' | 0,82 | 6,10 | 103,63 | 84,98 | 59,07 |
| 4 | 0,48 | 28°31' | 0,88 | 8,60 | 146,27 | 128,72 | 70,21 |
| 5 | 0,39 | 22°54' | 0,92 | 11,14 | 189,41 | 174,26 | 73,87 |
| 6 | 0,3 | 17°31' | 0,95 | 10,85 | 184,52 | 175,29 | 55,36 |
| 7 | 0,21 | 12°16' | 0,98 | 9,65 | 164,02 | 160,74 | 34,44 |
| 8 | 0,12 | 7º09' | 0,99 | 7,59 | 129,03 | 127,74 | 15,48 |
| 9 | 0,04 | 2º18' | 1,00 | 4,42 | 75,13 | 75,13 | 3 |
| 10 | -0,04 | -2°07' | 1,00 | 1,45 | 24,61 | 24,61 | -0,98 |

$K\_{уст}=1,3$.

Условие устойчивости откоса в точке 1 выполняется.

Расчет устойчивости откосов при прохождении кривой скольжения через точку 2 производим в соответствии с рисунком 5, результаты вычислений заносим в таблицу 9.

Таблица 9 – Ведомость определения устойчивости откосов земляного полотна при прохождении кривой скольжения через точку 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номеротсека | sinδ | δ ° ' | cosδ | Ω, м2 | Q=Ω·γ,кН | N=Q·cosδ,кН | T=Q·sinδ,кН |
| 1 | 0,80 | 53°16' | 0,60 | 6,60 | 112,2 | 67,32 | 89,66 |
| 2 | 0,70 | 44°31' | 0,71 | 16,88 | 287,03 | 203,79 | 200,82 |
| 3 | 0,60 | 36°54' | 0,80 | 19,61 | 333,44 | 266,75 | 200,06 |
| 4 | 0,50 | 30°03' | 0,87 | 19,56 | 332,52 | 289,29 | 166,26 |
| 5 | 0,40 | 23°37' | 0,92 | 18,11 | 307,84 | 283,21 | 123,13 |
| 6 | 0,30 | 17°28' | 0,95 | 20,47 | 348,02 | 330,62 | 104,41 |
| 7 | 0,20 | 11°33' | 0,98 | 19,80 | 336,60 | 329,87 | 67,32 |
| 8 | 0,10 | 5º45' | 0,99 | 17,57 | 298,66 | 295,67 | 29,57 |
| 9 | 0,0002 | 0°00' | 1,00 | 7,18 | 122,11 | 122,11 | 0,02 |
| 10 | -0,10 | -5º45' | 0,99 | 5,20 | 88,48 | 87,80 | -8,85 |
| 11 | -0,20 | -11°34' | 0,98 | 5,40 | 91,8 | 87,96 | -18,36 |

$K\_{уст}=1,2$.

Условие устойчивости откоса в точке 2 выполняется.

Расчет устойчивости откосов при прохождении кривой скольжения через точку 3 производим в соответствии с рисунком 6, результаты вычислений заносим в таблицу 10.

Таблица 10 – Ведомость определения устойчивости откосов земляного полотна при прохождении кривой скольжения через точку 3

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номеротсека | sinδ | δ ° ' | cosδ | Ω, м2 | Q=Ω·γ,кН | N=Q·cosδ,кН | T=Q·sinδ,кН |
| 1 | 0,86 | 59°01' | 0,51 | 8,58 | 145,86 | 74,39 | 125,44 |
| 2 | 0,75 | 48°37' | 0,66 | 20,89 | 355,16 | 234,41 | 266,37 |
| 3 | 0,64 | 40°03' | 0,77 | 29,69 | 504,70 | 388,62 | 323,01 |
| 4 | 0,54 | 32°27' | 0,84 | 35,29 | 599,86 | 503,88 | 323,92 |
| 5 | 0,43 | 25°26' | 0,9 | 34,27 | 582,52 | 524,27 | 250,48 |
| 6 | 0,32 | 18°49' | 0,95 | 31,93 | 542,74 | 515,60 | 173,68 |
| 7 | 0,21 | 12°27' | 0,98 | 29,44 | 500,51 | 490,50 | 105,11 |
| 8 | 0,11 | 6º14' | 0,99 | 30,32 | 515,51 | 510,35 | 56,71 |
| 9 | 0,002 | 0º06' | 1,00 | 14,05 | 238,79 | 238,79 | 0,24 |
| 10 | -0,15 | -6º02' | 0,99 | 22,54 | 383,20 | 379,37 | -57,48 |
| 11 | -0,21 | -12º33' | 0,98 | 18,11 | 307,84 | 301,68 | -64,65 |
| 12 | -0,32 | -18°36' | 0,95 | 12,02 | 204,34 | 194,12 | -65,39 |
| 13 | -0,43 | -25°13' | 0,90 | 4,80 | 81,16 | 73,44 | -35,09 |

$$K\_{уст}=1,47$$

Условие устойчивости откоса в точке 3 выполняется.

Расчеты показали, что при принятом заложении откосов 1:1,5 и 1:2,5 с устройством бермы откосы во всех точках удовлетворяют условию $K\_{уст}>1,2$, а значит устойчивы.

## Определение осадки насыпи

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:

$δ = ^{h∙σ}/\_{E\_{деф}}$, (9)

где $σ$ – сжимающие давления в рассматриваемом слое грунта;

$E\_{деф}$ – 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:

$σ\_{i} =\frac{ P}{π}\left[\left(2∙α\_{1}^{\left(i\right)}+α\_{2}^{\left(i\right)}\right)+\frac{2∙b}{a}α\_{1}^{\left(i\right)}\right]$, (10)

где Р – давление средней части насыпи, Па;

$P = γ∙H\_{Н}$, (11)

где γ – удельный вес слоя грунта насыпи;

$H\_{Н}$ – высота насыпи.

Давление средней части насыпи определяем по формуле (11):

$P = 1700∙12,9=21930 ^{кг}/\_{м^{2}}=219,30 кПа$.

Углы $α\_{1}$ и $α\_{2}$, стороны а и b 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 α1 и α2 находим с помощью рисунка 7, далее переводим их в радианы по формуле:

$α = ^{α°∙π}/\_{180°}$, (12)

где α – угол в радианах;

α° – угол в градусах.

Z = 0 м:

$α\_{1}° =0\rightarrow α\_{1}=0$; $α\_{2}° =90°\rightarrow α\_{2}=^{90°∙π}/\_{180°}=1,57$.

Z = 2,8м:

$α\_{1}° =11,56°\rightarrow α\_{1}=^{11,56°∙π}/\_{180°}=0,201$; $α\_{2}° =74,36°\rightarrow α\_{2}=^{74,36°∙π}/\_{180°}=1,3$.

Z = 7,1 м:

$α\_{1}° =25,12°\rightarrow α\_{1}=^{25,12°∙π}/\_{180°}=0,44$; $α\_{2}° =54,63°\rightarrow α\_{2}=^{54,63°∙π}/\_{180°}=0,95$.

Z = 17,2 м:

$α\_{1}° =36,16°\rightarrow α\_{1}=^{36,16°∙π}/\_{180°}=0,63$; $α\_{2}° =30,17°\rightarrow α\_{2}=^{30,17°∙π}/\_{180°}=0,72$.

Cжимающие напряжения каждого слоя вычисляем по формуле (10):

Z = 0 м:

$$σ\_{0} =\frac{ 219,30}{3,14}\left[\left(2∙0+1,57\right)+\frac{2∙10}{29,25}∙0\right]=71,41 кПа$$

Z = 1,4 м:

$$σ\_{1} =\frac{ 219,30}{3,14}\left[\left(2∙0,201+1,3\right)+\frac{2∙10}{29,25}∙0,201\right]=128,43 кПа$$

Z = 3,7 м:

$$σ\_{2} =\frac{ 219,30}{3,14}\left[\left(2∙0,44+0,95\right)+\frac{2∙10}{29,25}0,44\right]=148,70 кПа$$

Z = 13,7 м:

$$σ\_{3} =\frac{ 219,30}{3,14}\left[\left(2∙0,63+0,72\right)+\frac{2∙10}{29,25}0,63\right]=168,20 кПа$$

Результаты расчета напряжений помещаем в таблицу 12

Таблица 12– Результаты расчета напряжений

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Z, м | Углы, град. | Углы, рад. | 2*α1+ α*2 | $$\frac{2b}{a}∙α$$ | $$\frac{ 1}{π}\left[\left(2∙α\_{1}^{\left(i\right)}+α\_{2}^{\left(i\right)}\right)+\frac{2∙b}{a}α\_{1}^{\left(i\right)}\right]$$ | $σ\_{i}$, 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 $σ\_{i}$, считаем сжатие каждого слоя по формуле (9):

$δ\_{1} = ^{2,8 м∙99,92 кПа}/\_{57 МПа}=0,491 см$;

$δ\_{2} = ^{4,3 м∙138,57 кПа}/\_{35 МПа}=1,702 см$;

$δ\_{3} = ^{10,1 м∙158,45 кПа}/\_{30 МПа}=5,391 см$;

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:

$∆\_{общ}=\sum\_{i=1}^{n}\frac{h\_{i}∙δ\_{i}}{E\_{i}}$, (13)

$∆\_{общ}=0,491+1,702+5,391=7,584 см$.

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

$V\_{доп}=\frac{2}{3}∙∆\_{общ}∙l$, (14)

где *l* – ширина основания насыпи.

Дополнительный объем земляных работ определяем по формуле (14):

$V\_{доп}=^{2}/\_{3}∙0,07584 м∙68,5 м=3,46 м^{2}$.

# Проектирование и расчет параметров водопропускной трубы

## Определение максимального расхода от ливневых вод

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:

$Q\_{л}=16,7∙a\_{расч}∙F∙φ, ^{м^{3}}/\_{с}$ (15)

где $a\_{расч}$ – расчётная интенсивность ливня, мм/мин;

F – площадь водосбора, км2;

φ – коэффициент редукции.

Расчетную интенсивность определяем по формуле:

$a\_{расч}=a\_{час}∙K\_{t}, ^{мм}/\_{мин}$ (16)

где $a\_{час}$ – интенсивность ливня часовой продолжительности, мм/мин;

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

Коэффициент редукции вычисляем по формуле:

$φ=^{1}/\_{\sqrt[4]{10∙F}}$ (17)

Объём стока ливневых вод определяем по формуле:

$W=^{60000∙a\_{час}∙φ∙F}/\_{\sqrt{K\_{t}}}, м^{3}$ (18)

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

Для трубы на ПК 1+70:

$a\_{расч}=0,82∙3,58=2,936 ^{мм}/\_{мин}$;

$φ=^{1}/\_{\sqrt[4]{10∙0,54}}=0,656$;

$W=^{60000∙0,82∙0,656∙0,54}/\_{\sqrt{3,58}}=9211,738 м^{3}$;

$Q\_{л}=16,7∙2,936∙0,54∙0,656=17,369 ^{м^{3}}/\_{с}$.

Для трубы на ПК 3+51:

$a\_{расч}=0,82∙4,07=3,337 ^{мм}/\_{мин}$;

$φ=^{1}/\_{\sqrt[4]{10∙0,74}}=0,606$;

$W=^{60000∙0,82∙0,606∙0,47}/\_{\sqrt{4,07}}=6947,518 м^{3}$;

$Q\_{л}=16,7∙3,337∙0,74∙0,606=24,991 ^{м^{3}}/\_{с}$.

Для трубы на ПК 6+85:

$a\_{расч}=0,82∙3,71=3,042^{мм}/\_{мин}$;

$φ=^{1}/\_{\sqrt[4]{10∙0,34}}=0,736$;

$W=^{60000∙0,82∙0,736∙0,34}/\_{\sqrt{3,71}}=6392,424 м^{3}$;

$Q\_{л}=16,7∙3,042∙0,34∙0,736=12,713 ^{м^{3}}/\_{с}$.

## Определение максимального расхода от талых вод

Максимальный расход талых вод рассчитываем по формуле:

$Q\_{t}=\frac{k\_{0}∙h\_{p}∙F}{\left(F+1\right)^{n}}∙δ\_{1}∙δ\_{2}, {м^{3}}/{с}$ (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 δ2 принимают 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:

$h\_{p}=k\_{p}∙h$ (21)

где h – средний слой стока, $h=200 мм$, выбираем по [2];

kр – модульный коэффициент, $k\_{p}=4,3$, выбираем по [2].

Для всех пикетов $h\_{p}=4,3∙200=860$

Для трубы на ПК 1+70:

$Q\_{t}=\frac{0,013∙860∙0,54}{\left(0,54+1\right)^{0,25}}∙1∙1=4,869 {м^{3}}/{с}$.

Для трубы на ПК 3+51:

$Q\_{t}=\frac{0,013∙860∙0,74}{\left(0,74+1\right)^{0,25}}∙0,667∙1=4,18 {м^{3}}/{с}$.

Для трубы на ПК 6+85:

$Q\_{t}=\frac{0,013∙860∙0,34}{\left(0,34+1\right)^{0,25}}∙1∙1=3,277 {м^{3}}/{с}$.

По вычисленным значениям принимаем:

Для трубы на ПК 1+70:

$Q\_{л}=17,369 >Q\_{t}=4,869 \gg Q\_{расч}=Q\_{л}=17,369 ^{м^{3}}/\_{с}$.

Для трубы на ПК 3+51:

$Q\_{л}=24,991>Q\_{t}=4,18 \gg Q\_{расч}=Q\_{л}=24,991^{м^{3}}/\_{с}$.

Для трубы на ПК 6+85:

$Q\_{л}=12,713>Q\_{t}=3,277 \gg Q\_{расч}=Q\_{л}=12,713 ^{м^{3}}/\_{с}$.

## Расчет отверстия и геометрических размеров водопропускных труб

Расход воды в отверстии сооружения определяется высотой подпора воды над входным оголовком.

По принятым расчётным расходам определяем вид трубы, её геометрические размеры, глубину перед трубой и скорость воды на выходе по [2].

Для трубы на ПК 1+70: Qрасч = 17,369 м3/с => труба прямоугольной формы, с размерами 2,5х2,0 м, глубина воды перед трубой 2,6380 м, скорость воды на выходе из трубы 4,6925 м/с.

Для трубы на ПК 3+51: Qрасч = 24,991 м3/с => труба прямоугольной формы, с размерами 4,0х2,5 м, глубина воды перед трубой 2,4756 м, скорость воды на выходе из трубы 4,6057 м/с.

Для трубы на ПК 6+85: Qрасч = 12,09 м3/с => труба прямоугольной формы, с размерами 2,5х2,0 м, глубина воды перед трубой 2,0641 м, скорость воды на выходе из трубы 4,1672 м/с.

Определение пропускной способности трубы

Безнапорный режим характеризуется незатопленным входным отверстием и работой трубы неполным сечением, что отвечает условию:

$H\leq 1,2h\_{тр}$ (22)

где H – подпор перед трубой, м;

hтр – высота трубы в свету, м.

Принимаем наиболее максимальный расход для определения диаметра трубы. Принимаем по выбранному расходу диаметр трубы и скорость воды на выходе.

Критическая скорость определяется по формуле:

$V\_{кр}=0,9∙V\_{с}$ (23)

где Vкр – критическая скорость, м/с

Vс – скорость в сжатом сечении, м/с.

Критическую скорость определяем по формуле (23):

Для трубы на ПК 1+70: $V\_{кр}=0,9∙4,6925=4,2234{м}/{с}$;

Для трубы на ПК 3+51: $V\_{кр}=0,9∙4,6057=4,1451 {м}/{с}$;

Для трубы на ПК 6+85: $V\_{кр}=0,9∙4,1672=3,7505{м}/{с}$.

Критическая глубина определяется по формуле:

$h\_{кр}={V\_{кр}^{2}}/{2∙g}$ (24)

где hкр – критическая глубина, м;

g – ускорение свободного падения, м/с2.

Критическую глубину определяем по формуле (24):

Для трубы на ПК 1+70: $h\_{кр}={4,2234^{2}}/{2∙9,81}=0,909 м$;

Для трубы на ПК 3+51: $h\_{кр}={4,141^{2}}/{2∙9,81}=0,874 м$;

Для трубы на ПК 6+85: $h\_{кр}={3,7505^{2}}/{2∙9,81}=0,717 м$.

Глубина воды в сжатом сечении определяется по формуле:

$h\_{с}=0,9∙h\_{кр}$ (25)

где hс – глубина воды в сжатом сечении, м;

Глубину воды в сжатом сечении определяем по формуле (25):

Для трубы на ПК 1+70: $h\_{с}=0,9∙0,909=0,818 м$;

Для трубы на ПК 3+51: $h\_{с}=0,9∙0,874=0,787 м$;

Для трубы на ПК 6+85: $h\_{с}=0,9∙0,717=0,645м$.

Подпор воды перед трубой определяется по формуле:

$H=h\_{с}+^{V\_{с}^{2}}/\_{2∙g∙φ^{2}}$ (26)

где Н – подпор воды перед трубой, м;

φ – коэффициент скорости, равный 0,97.

Подпор воды перед трубой определяем по формуле (26):

Для трубы на ПК 1+70: $H=0,818+^{4,6925^{2}}/\_{2∙9,81∙0,97^{2}}=2,011 м$;

Для трубы на ПК 3+51: $H=0,787+^{4,6057^{2}}/\_{2∙9,81∙0,97^{2}}=1,936 м$;

Для трубы на ПК 6+85: $H=0,645+^{4,1672^{2}}/\_{2∙9,81∙0,97^{2}}=1,586м$.

Производят проверку выбранной трубы на высоту подпора трубы по формуле (22):

2,011 ≤ 1.2∙hтр1 = 1.2∙2.5 = 3.0, следовательно, режим течения воды в трубе

безнапорный.

1,936 ≤ 1.2∙hтр2 = 1.2∙2.5 = 3.0, следовательно, режим течения воды в трубе

безнапорный.

1,586 ≤ 1.2∙hтр3 = 1.2∙2.5 = 3.0, следовательно, режим течения воды в трубе

безнапорный.

Проверка удовлетворяет условию, исходя из этого, делаем вывод, что режим протекания во всех трубах безнапорный.



Рисунок 8 – Протекание воды в трубе при безнапорном режиме.

Пропускная способность труб прямоугольного сечения при безнапорном режиме определяется по формуле:

$Q\_{с}=1,33∙b∙H^{^{3}/\_{2}}$ (27)

где b – ширина трубы, м.

Для трубы на ПК 17+10: $Q\_{с}=1,33∙3∙2,011^{^{3}/\_{2}}=11,201 {м^{3}}/{с}$;

Для трубы на ПК 17+10: $Q\_{с}=1,33∙4∙1,936^{^{3}/\_{2}}=14,100{м^{3}}/{с}$;

Для трубы на ПК 23+42: $Q\_{с}=1,33∙2∙1,586^{^{3}/\_{2}}=5,889{м^{3}}/{с}$.

## Подбор отверстий водопропускных труб с учетом аккумуляции

При назначении отверстий необходимо учитывать аккумуляцию вод в трубу перед сооружением. При этом заранее нельзя назвать степень снижения расчётного значения расхода, так как глубина воды перед сооружением ещё неизвестна. Это осложняет расчёт и заставляет выполнять его либо путём последовательных приближений, либо графоаналитическим приёмом.

Малые искусственные сооружения почти всегда сильно стесняют поток и изменяют его бытовой режим. В результате временного накопления перед трубой части паводка гидрограф притока трансформируется в более растянутый во времени гидрограф сброса, что приводит к снижению расчётного сбросного расхода воды в сооружении Qc по сравнению с наибольшим секундным притоком с бассейна Q. Объём накопившейся воды Wпр при общем объёме стока W зависит от гидрографа притока, отверстия трубы и рельефа участка местности, в пределах которого образуется пруд перед сооружением.

Расход воды в отверстии сооружения определяется высотой подпора воды над входным лотком. Объем воды, копившейся перед сооружением, по сравнению с объёмом всего паводка оказывается незначительным и практически не влияет на работу сооружения. При определении отверстия сооружения в таких случаях в качестве расчётного расхода принимается наибольший расход водостока заданной обеспеченности.

При относительно пологих или слабовыраженных логах образование подпора перед сооружением сопряжено с затоплением больших площадей и накоплением воды перед дорогой. Подпор воды перед трубой возрастает медленно и обычно не успевает достичь размера, обеспечивающего равенство сброса наибольшему притоку ливневого паводка. Расход воды в сооружении оказывается часто гораздо меньше расчётного расхода притока. В таких случаях аккумуляция воды должна учитываться при определении отверстия сооружения для пропуска ливневого стока.

Часть площади гидрографа притока, расположенная выше кривой сбросных расходов, представляет собой объём воды перед трубой – объём пруда, Wпр. Отношение между Wпр и суммарным притоком бассейна W определяет степень трансформации паводка и служит показателем регулирующей способности лога перед сооружением.

Общий объём стока ливневых вод для трубы на ПК 1+70 определяем по формуле (18):

$W=^{60000∙0,82∙0,656∙0,54}/\_{\sqrt{3,58}}=9211,738 м^{3}$;

Объём пруда определяется по формуле:

$W\_{пр}=k\_{0}∙H^{3}$ (28)

где Wпр – объём пруда, м3;

k0 – коэффициент формы лога;

H – подпор воды перед трубой, м.

Коэффициент формы лога определяется по формуле:

$k\_{0}=^{m\_{1}+m\_{2}}/\_{6∙i\_{л}}$ (29)

где m1, m2 и iл – средние уклоны склонов и лога (рисунок 9).



Рисунок 9 – Схема к определению объема пруда

Коэффициент формы лога определяем по формуле (29):

$k\_{0}=^{0,33+0,25}/\_{6∙0,010}=9,67$.

Объём пруда определяем по формуле (28):

$W\_{пр}=9,67∙2,011=78,643м^{3}$.

Зависимость сбросного и расчетного расходов определяется по формуле:

$Q\_{с}=λ∙Q\_{расч}$ (30)

где λ – коэффициент аккумуляции

Коэффициент аккумуляции определяется по формуле:

$λ=1-^{k\_{0}∙H^{3}}/\_{W}$ (31)

Коэффициент аккумуляции определяем по формуле (31):

$λ=1-^{9,67∙2,011^{3}}/\_{9211,738}=0,991$.

При расчете труб невозможно посчитать сбросной расход Qc, так как нельзя задать глубину воды H и посчитать коэффициент аккумуляции. Поэтому при назначении отверстия трубы используем график уточненного коэффициента аккумуляции (рисунок 10).

Вычисляем координаты, необходимые для построения графика:

$$Q\_{с}=0,991∙17,369=17,2127$$

$^{W}/\_{k\_{0}}=^{78,643}/\_{9,67}=8,1327$;

$^{0,7∙W}/\_{k\_{0}}=0,7∙3,33=5,6929$;

$0,62∙Q\_{с}=0,62∙17,2127=10,6719$.



Рисунок 10 - Уточнённый график аккумуляции для трубы на ПК 1+70

С помощью уточненного графоаналитического приема учета аккумуляции на ПК 1+70 принимаем прямоугольныю трубу размерами 3,0х2,5 м.

На ПК 3+51:

$W=^{60000∙0,82∙0,606∙0,47}/\_{\sqrt{4,07}}=6947,518 м^{3}$;

$k\_{0}=^{0,33+0,25}/\_{6∙0,016}=6,042$.

$W\_{пр}=6,042∙1,936=43,843 м^{3}$.

$λ=1-^{6,042∙ 1,936^{3}}/\_{6947,518}=0,994$.

$$Q\_{с}=0,994∙24,991=24,841$$

$^{W}/\_{k\_{0}}=^{43,843}/\_{6,042}=7,256$;

$^{0,7∙W}/\_{k\_{0}}=0,7∙7,256=5,079$;

$0,62∙Q\_{с}=0,62∙24,841=15,401$.



Рисунок 11 - Уточнённый график аккумуляции для трубы на ПК 3+51.

С помощью уточненного графоаналитического приема учета аккумуляции на ПК 3+51 принимаем прямоугольнуюю трубу размерами 4,0х2,5м.

На ПК 6+85:

$W=^{60000∙0,82∙0,736∙0,34}/\_{\sqrt{3,71}}=6392,424 м^{3}$;

$k\_{0}=^{0,33+0,25}/\_{6∙0,016}=6,042$.

$W\_{пр}=6,042∙ 1,586^{3}=24,104 м^{3}$.

$λ=1-^{6,042∙ 1,586^{3}}/\_{6392,424}=0,996$.

$$Q\_{с}=0,996∙12,09=12,041.$$

$^{W}/\_{k\_{0}}=^{24,104}/\_{6,042}=4$;

$^{0,7∙W}/\_{k\_{0}}=0,7∙4=2,8$;

$0,62∙Q\_{с}=0,62∙12,041=7,465$.



Рисунок 13– Уточненный графоаналитический прием учета аккумуляции

С помощью уточненного графоаналитического приема учета аккумуляции на ПК 6+85 принимаем прямоугольную трубу размерами 3,0х2,5 м.

# Проектирование и расчет параметров водоотводной канавы

## Расчет основных параметров водоотводной канавы

Дорожные канавы рассчитывают по уравнению равномерного движения жидкости. Для бассейнов площадью больше 0,1 км2 расход определяем по формуле:

$Q=16,7∙a\_{расч}∙F∙φ$ (32)

где aрасч – расчетная продолжительность интенсивности ливня;

F – площадь водосбора канавы, км2;

φ – коэффициент редукции.

Расчетную продолжительность интенсивности ливня определяем по формуле (16):

Первый участок:: $a\_{расч}=0,75∙1,76=1,32^{мм}/\_{мин}$;

Второй участок: $a\_{расч}=0,75∙2,64=1,98^{мм}/\_{мин}$;

Третий участок: $a\_{расч}=0,75∙2,79=2,093^{мм}/\_{мин}$;

Четвертый участок: $a\_{расч}=0,75∙3,11=2,33 ^{мм}/\_{мин}$.

Коэффициент редукции определяем по формуле (17):

Первый участок: $φ=^{1}/\_{\sqrt[4]{10∙0,17}}=0,876$;

Второй участок: $φ=^{1}/\_{\sqrt[4]{10∙0,20}}=0,841$;

Третий участок: $φ=^{1}/\_{\sqrt[4]{10∙0,30}}=0,760$;

Четвертый участок: $φ=^{1}/\_{\sqrt[4]{10∙0,32}}=0,748$.

Расход канавы определяем по формуле (32):

Первый участок:: $Q=16,7∙1,32∙0,876∙0,17=3,283 {м^{3}}/{с}$;

Второй участок:: $Q=16,7∙1,98∙0,841∙0,2=5,562 {м^{3}}/{с}$;

Третий участок: $Q=16,7∙2,093∙0,760∙0,3=7,969{м^{3}}/{с}$;

Четвертый участок:$Q=16,7∙2,33∙0,748∙0,32=9,314 {м^{3}}/{с}$.

Тип укрепления канавы выбираем в зависимости от уклона канавы по [2]:

Для канавы на первом участке: i = 7 ‰ – без укрепления;

Для канавы на втором участке: i = 20 ‰ – одерновка;

Для канавы на третьем участке: i = 31 ‰ – одерновка;

Для канавы на четвертом участке: i = 55 ‰ – быстроток.

После этого выбираем сечение канавы трапецеидальной формы.



Рисунок 14 – Схема трапецеидальной канавы

Гидравлические элементы находим по зависимостям:

а) площадь сечения потока, м2:

$ω = b∙h+\frac{m\_{1}+m\_{2}}{2}∙h^{2}$ (33)

где b – ширина канавы по дну, b = 0,8 м;

h – глубина воды, меньшая чем полная глубина канавы на 0,2 м;

m1 и m2 – показатели крутизны откосов канавы, m1 = m2 = 1,5.

$ω = 0,8∙0,1+\frac{1,5+1,5}{2}∙0,1^{2}=0,095 м^{2}$;

$ω = 0,8∙0,2+\frac{1,5+1,5}{2}∙0,2^{2}=0,22 м^{2}$;

$ω = 0,8∙0,3+\frac{1,5+1,5}{2}∙0,3^{2}=0,375 м^{2}$;

$ω = 0,8∙0,4+\frac{1,5+1,5}{2}∙0,4^{2}=0,56 м^{2}$;

$ω = 0,8∙0,5+\frac{1,5+1,5}{2}∙0,5^{2}=0,775 м^{2}$;

$ω = 0,8∙0,6+\frac{1,5+1,5}{2}∙0,6^{2}=1,02 м^{2}$;

$ω = 0,8∙0,7+\frac{1,5+1,5}{2}∙0,7^{2}=1,295 м^{2}$;

$ω = 0,8∙0,8+\frac{1,5+1,5}{2}∙0,8^{2}=1,6 м^{2}$.

б) смоченный периметр, м:

$χ = b+h∙\left(\sqrt{1+m\_{1}^{2}}+\sqrt{1+m\_{2}^{2}}\right)$ (34)

$χ = 0,8+0,1∙\left(\sqrt{1+1,5^{2}}+\sqrt{1+1,5^{2}}\right)=1,1606 м$;

$χ = 0,8+0,2∙\left(\sqrt{1+1,5^{2}}+\sqrt{1+1,5^{2}}\right)=1,5211 м$;

$χ = 0,8+0,3∙\left(\sqrt{1+1,5^{2}}+\sqrt{1+1,5^{2}}\right)=1,8817 м$;

$χ = 0,8+0,4∙\left(\sqrt{1+1,5^{2}}+\sqrt{1+1,5^{2}}\right)=2,2422 м$;

$χ = 0,8+0,5∙\left(\sqrt{1+1,5^{2}}+\sqrt{1+1,5^{2}}\right)=2,6028 м$;

$χ = 0,8+0,6∙\left(\sqrt{1+1,5^{2}}+\sqrt{1+1,5^{2}}\right)=2,9633 м$;

$χ = 0,8+0,7∙\left(\sqrt{1+1,5^{2}}+\sqrt{1+1,5^{2}}\right)=3,3239 м$;

$χ = 0,8+0,8∙\left(\sqrt{1+1,5^{2}}+\sqrt{1+1,5^{2}}\right)=3,6844 м$;

в) гидравлический радиус, м:

$R = \frac{ω}{χ}$ (35)

$R = \frac{0,095}{1,1606}=0,0851 м$;

$R = \frac{0,22}{1,5211}=0,1536 м$;

$R = \frac{0,375}{1,8817}=0,2144 м$;

$R = \frac{0,56}{2,2422}=0,2712 м$;

$R = \frac{0,775}{2,6028}=0,3255 м$;

$R = \frac{1,02}{2,9633}=0,3781 м$;

$R = \frac{1,295}{3,3239}=0,4297 м$;

$R = \frac{1,6}{3,6844}=0,4805 м$;

Результаты расчета заносим в таблицу 14

Талица 14– Результаты расчета канавы при ширине дна 0,8 м

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| h, м | b, м | m1 | m2 | ω, м2 | *χ*,м | R, м | $$\sqrt[3]{R^{2}}$$ | $$ω∙\sqrt[3]{R^{2}}$$ |
| 0,1 | 0,8 | 1,5 | 1,5 | 0,095 | 1,1606 | 0,0819 | 0,1885 | 0,0179 |
| 0,2 | 0,8 | 1,5 | 1,5 | 0,22 | 1,5211 | 0,1446 | 0,2755 | 0,0606 |
| 0,3 | 0,8 | 1,5 | 1,5 | 0,375 | 1,8817 | 0,1993 | 0,3412 | 0,1279 |
| 0,4 | 0,8 | 1,5 | 1,5 | 0,56 | 2,2422 | 0,2498 | 0,3966 | 0,2221 |
| 0,5 | 0,8 | 1,5 | 1,5 | 0,775 | 2,6028 | 0,2978 | 0,4459 | 0,3456 |
| 0,6 | 0,8 | 1,5 | 1,5 | 1,02 | 2,9633 | 0,3442 | 0,4911 | 0,5010 |
| 0,7 | 0,8 | 1,5 | 1,5 | 1,295 | 3,3239 | 0,3896 | 0,5334 | 0,6908 |
| 0,8 | 0,8 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 3,6844 | 0,4343 | 0,5735 | 0,9175 |

Рассчитаем гидравлические элементы канавы при ширине дна b = 0,5 м. Результаты расчета заносим в таблицу 15

Талица 15 – Результаты расчета канавы при ширине дна 0,5 м

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| h, м | b, м | m1 | m2 | ω, м2 | *χ*,м | R, м | $$\sqrt[3]{R^{2}}$$ | $$ω∙\sqrt[3]{R^{2}}$$ |
| 0,1 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 0,065 | 0,8606 | 0,0755 | 0,1787 | 0,0116 |
| 0,2 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 0,16 | 1,2211 | 0,1310 | 0,2580 | 0,0413 |
| 0,3 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 0,285 | 1,5817 | 0,1802 | 0,3190 | 0,0909 |
| 0,4 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 0,44 | 1,9422 | 0,2265 | 0,3716 | 0,1635 |
| 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 0,625 | 2,3028 | 0,2714 | 0,4192 | 0,2620 |
| 0,6 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 0,84 | 2,6633 | 0,3154 | 0,4633 | 0,3892 |
| 0,7 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,085 | 3,0239 | 0,3588 | 0,5049 | 0,5479 |
| 0,8 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,36 | 3,3844 | 0,4018 | 0,5445 | 0,7406 |

Глубину воды в канаве определяем графоаналитическим способом, который сводится к построению графика. По оси абсцисс откладываем значения w·R2/3 и R2/3, а по оси ординат высоту h (рисунок 15,16).



Рисунок 15 – График расчёта канав при b=0,8м.



Рисунок 16 – График расчёта канав при b=0,5м.

Затем определяем величину w·R2/3 с учётом расхода по формуле:

w·R2/3 = Q·n/√i , (36)

где Q – расход на данном участке канавы, м/с;

n – коэффициент шероховатости, выбираемый для принятого типа укрепления на этом участке по [2];

i – уклон участка канавы.

Для первого участка канавы w·R2/3 = 3,283·0,03/(0,007)0,5= 1,177;

Для второго участка канавы w·R2/3 = 5,562·0,03/(0,02)0,5 =1,18;

Для третьего участка канавы w·R2/3 = 7,969·0,02/(0,031)0,5 = 0,910;

Для четвёртого участка канавы w·R2/3 = 9,314 ·0,017/(0,055)0,5 = 0,675.

Затем по графику находим значения h для каждого вычисленного значения w·R2/3 для каждого участка канавы и по h определяем R2/3 также для каждого участка канавы.

При значении b=0,8:

для первого участка канавы w·R2/3 = 1,177 => h = 0,869 => R2/3 =0,590;

для второго участка канавы w·R2/3 = 1,180 => h = 0,873 => R2/3 = 0,599;

для третьего участка канавы w·R2/3 = 0,910 => h = 0,792=> R2/3 = 0,565;

для четвёртого участка канавы w·R2/3 = 0,675 => h = 0,690 => R2/3 = 0,533.

При значении b=0,5:

для первого участка канавы w·R2/3 = 1,177 => h = 0,540 => R2/3 =0,550;

для второго участка канавы w·R2/3 = 1,180 => h = 0,550 => R2/3 = 0,560;

для третьего участка канавы w·R2/3 = 0,910 => h = 0,490 => R2/3 = 0,510;

для четвёртого участка канавы w·R2/3 =0,675 => h = 0,450 => R2/3 = 0,489.

После этого вычисляем скорость течения воды в канаве по формуле:

υ = R2/3·√i /n (37)

При значении b=0,8:

для первого участка канавы υ = 0,590·(0,007)0,5 /0,03 = 1,645 м/с;

для второго участка канавы υ = 0,599·(0,020)0,5 /0,03 = 2,824 м/с,

для третьего участка канавы υ = 0,565·(0,031)0,5/0,02 = 4,974 м/с;

для четвёртого участка канавы υ = 0,533·(0,055)0,5/ 0,017 = 7,353 м/с.

При значении b=0,5:

для первого участка канавы υ = 0,540·(0,007)0,5 /0,03 = 1,506 м/с;

 для второго участка канавы υ = 0,550·(0,020)0,5 /0,03 = 2,593м/с;

для третьего участка канавы υ = 0,490·(0,031)0,5/0,02 = 4,314 м/с;

для четвёртого участка канавы υ = 0,489·(0,055)0,5/0,017 = 6,746м/с.

Скорости течения и соответствуют принятым типам укрепления.

Далее вычисляем площадь сечения потока по формуле (33) для каждого участка канавы с найденными по графику значениями h. При b=0,8:

w1 = 0,8·0,869+(1,5+1,5)·0,8692/2 =1,8279м2 – для первого участка канавы;

w2 = 0,8·0,873+(1,5+1,5)·0,8732/2 = 1,8416 м2 – для второго участка канавы;

w3 = 0,8·0,792+(1,5+1,5)·0,7922/2 = 1,5745 м2 – для третьего участка канавы;

w4 = 0,8·0,690+(1,5+1,5)·0,6902/2 = 1,2662 м2 – для четвёртого участка канавы.

При b=0,5:

w1 = 0,5·0,540+(1,5+1,5)·0,5402/2 = 0,7074 м2 – для первого участка канавы;

w2 = 0,5·0,550+(1,5+1,5)·0,5502/2 = 0,7288 м2 – для второго участка канавы;

w3 = 0,5·0,490+(1,5+1,5)·0,4902/2 = 0,6052 м2 – для третьего участка канавы;

w4 = 0,5·0,450+(1,5+1,5)·0,4502/2 = 0,5288 м2 – для четвёртого участка канавы.

После этого вычисляем расходы на участках канавы по формуле:

Q = w·υ (38)

При b=0,8:

Q1 = 1,8279·1,645 = 3,0069 м3/с – для первого участка канавы;

Q2 = 1,8416·2,824 =5,2007 м3/с – для второго участка канавы;

Q3 = 1,5745·4,974= 7,8316 м3/с – для третьего участка канавы;

Q4 = 1,2662·7,353 = 9,3104 м3/с – для четвёртого участка канавы.

При b=0,5:

Q1 = 0,7074·1,506 = 1,0653 м3/с – для первого участка канавы;

Q2 = 0,7288·2,593 = 1,8900 м3/с – для второго участка канавы;

Q3 = 0,6052·4,314 = 2,6108 м3/с – для третьего участка канавы;

Q4 = 0,5288·6,746 = 3,5673 м3/с – для четвёртого участка канавы.

Далее определяем общую глубину канавы, которая на 20 см больше высоты воды в канаве, по участкам по формуле:

Hiобщ. = hi + 0,2, (39)

где Hiобщ. – общая глубина канавы;

hi – глубина воды в канаве.

При b=0,8:

H1общ. = 0,869 + 0,2 = 1,069 м – первый участок канавы;

H2общ. = 0,873 + 0,2 = 1,073 м – второй участок канавы;

H3общ. = 0,792 + 0,2 = 0,992м – третий участок канавы;

H4общ. = 0,690 + 0,2 = 0,890 м – четвёртый участок канавы.

 При b=0,5:

H1общ. = 0,540 + 0,2 = 0,740 м – первый участок канавы;

H2общ. = 0,550 + 0,2 = 0,750 м – второй участок канавы;

H3общ. = 0,490 + 0,2 = 0,690 м – третий участок канавы;

H4общ. = 0,450 + 0,2 = 0,650 м – четвёртый участок канавы.

## Проектирование продольного профиля канавы

После вычисления общих глубин участков канавы строим продольный профиль канавы по заданным уклонам и длинам участков канавы и отметки земли на ПК 0+00 равной 100,00 м (рисунок 17, 18). Для этого вычисляем отметки земли по формуле:

Hi = Hi-1 – i·d, (40)

где Hi-1 – отметка земли предыдущей точки, м;

i – уклон участка канавы, 0/00;

d – длина участка канавы, м.

Отметки дна канавы вычисляем, отняв от отметок земли общую глубину участка канавы.

При b=0,8:

H0 = 100,00 м, H0дна = 100,00 – 1,069 = 98,931 м;

H1 = 100,00 – 0,007·170 = 98,810 м, H1дна = 98,810 – 1,069 = 97,7471 м;

H2 = 98,810 – 0,02·200 = 94,810 м, H2дна = 94,810 – 1,073 = 93,737 м;

H3 = 94,810 – 0,031·315 = 85,045 м, H3дна = 85,045 – 0,992 = 84,03 м;

H4 = 85,045 – 0,055·330= 66,890 м, H4дна = 66,579 – 0,890 = 65,689 м.

При b=0,5:

H0 = 100,00 м, H0дна = 100,00 – 0,740 = 99,26 м;

H1 = 100,00 – 0,007·170 = 98,810 м, H1дна = 98,810 –0,740 = 98,070 м;

H2 = 98,810 – 0,02·200 = 94,810 м, H2дна = 94,810 – 0,750 = 94,060 м;

H3 = 94,810 – 0,031·315 = 85,045 м, H3дна = 85,045 – 0,690 = 84,355 м;

H4 = 85,045 – 0,055·330= 66,890 м, H4дна = 66,579 – 0,650 = 65,929 м.



## Определение объемов земляных работ при сооружении водоотводной канавы

После построения графика считаем объёмы земляных работ при устройстве канавы, равные объёмам участков канавы. Каждый участок канавы имеет форму призматоида, объём которого вычисляется по формуле:

V = (Si + Si+1)·L/2, (41)

где Si, Si+1 – площади сечений канавы при высотах hi и hi+1, м2;

L – длина участка канавы, м.

При b=0,8:

V1 = (0,8·0,869 + (1,5 + 1,5)·0,8692/2 + 0,8·0,869 + (1,5 + 1,5)·0,8692/2)·170/2= = 310,75 м3;

V2=(0,8·0,869+(1,5+1,5)·0,8692/2+0,8·0,873+(1,5+1,5)·0,8732/2)·200/2= =366,953 м3;

V3 = (0,8·0,873+(1,5+1,5)·0,8732/2+0,8·0,792+ (1,5 +1,5)·0,7922/2)·315/2=

 = 538,034 м3;

V4 = (0,8·0,792 + (1,5 +1,5)·0,7922/2 + 0,8·0,690 + (1,5 + 1,5)·0,6902/2)·330/2= = 468,707 м3.

Далее находим общий объём работ по формуле:

Vобщ. = V1 + V2 + V3 + V4 (42)

Vобщ.= 310,75 + 366,953 + 538,034+468,707 = 1684,44 м3

При b=0,5:

V1 = (0,5·0,540+(1,5 + 1,5)·0,5402/2 + 0,5·0,3540 + (1,5 + 1,5)·0,5402/2)·170/2= = 120,258 м3;

V2=(0,5·0,540+(1,5+1,5)·0,5402/2+0,5·0,550+(1,5+1,5)·0,5502/2)·200/2= =143,615 м3;

V3 = (0,5·0,550+(1,5+1,5)·0,5502/2+0,5·0,480+(1,5+1,5)·0,4802/2)·315/2=

 = 207,01 м3;

V4 = (0,5·0,480 + (1,5 +1,5)·0,4802/2 + 0,5·0,450 + (1,5 + 1,5)·0,4502/2)·330/2= = 183,868 м3.

Далее находим общий объём работ:

Vобщ.= 120,258 + 143,615 + 207,01+183,868 = 654,751 м3

# Ведомость искусственных сооружений

По вычислениям, сделанным ранее, составляем ведомости искусственных сооружений.

Таблица 16- Ведомость искусственных сооружений для канавы

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Ширина канавы по дну** | **Глубина наполнения канавы, м** | **Максимальная глубина канавы, м** | **Скорость,****м/с** | **Тип укрепления** | **Длина** | **Объёмы работ, м3** |
| Для сечения на ПК 0+00 |
| **0,5** | **0,540** | **0,740** | **1,506** | **без укрепления** | **170** | **120,258** |
| **0,8** | **0,869** | **1,069** | **1,645** | **310,75** |
| Для сечения на ПК 1+70 |
| **0,5** | **0,550** | **0,750** | **2,593** | **одерновка** | **200** | **143,615** |
| **0,8** | **0,873** | **1,073** | **2,824** | **366,953** |
| Для сечения на ПК 3+70 |
| **0,5** | **0,490** | **0,690** | **4,314** | **одерновка** | **315** | **207,01** |
| **0,8** | **0,792** | **0,992** | **4,974** | **538,034** |
| Для сечения на ПК 6+85 |
| **0,5** | **0,450** | **0,650** | **6,746** | **быстроток** | **330** | **183,868** |
| **0,8** | **0,690** | **0,890** | **7,353** | **468,707** |

Таблица 17– Ведомость искусственных сооружений для труб

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **п.п.** | **место расположения** | **размер отверстия, м** | **расход,****м3/с** | **подпор,м** | **скорость на выходе,****м/с** | **тип укрепления русла выходного оголовка** | **тип фундамента** |
| **ПК** | **+** |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** |
| **1** | **1** | **70** | **3,0х2,5** | **17,369** | **2,011** | **4,2234** | **Без укрепления** | **сборный железобетон** |
| **2** | **5** | **0** | **4,0х2,5** | **24,991** | **1,936** | **4,1451** | **то же** | **то же** |
| **3** | **9** | **0** | **3,0х2,5** | **12,09** | **1,586** | **3,7505** | **то же** | **то же** |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель курсовой работы достигнута, т.е. мной разработан проект строитель-ства водопропускных труб на основании обоснованных расчётов по определению устойчивости откосов земляного полотна, осадки насыпи, параметров водопропускных труб и водоотводных канав.

С задачами курсовой работы справилась, т.е. научилась определять устойчивость откосов земляного полотна и осадку насыпи по заданным условиям проектирования, научилась проектировать и рассчитывать параметры водопропускных труб и водоотводных канав.

# Список литературы

1 СНиП 2.01.02-81 «Строительная климатология и геофизика»

2 Справочник инженера-дорожника «Проектирование автомоби-льных дорог» под. ред. Г.А. Федотова

3 СНиП 2.05.02-85 «Автомобильные дороги»