РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ПОПЕРЕЧНОГО ПРОФИЛЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ВЫЕМКИ

1 Выбор поперечных сечений дороги для построения поперечных профилей земляного полотна. Поперечное сечение дороги с мелкой выемкой рекомендуется выбирать с рабочей отметкой как можно ближе к 1 м. Каких-то особых рекомендаций по выбору сечений дороги с другими типами поперечных профилей выемки не требуется.

Рассмотрим порядок построения чертежа самого сложного поперечного профиля выемки (*выемки с закюветными полками*), приведённого на рис. 1.

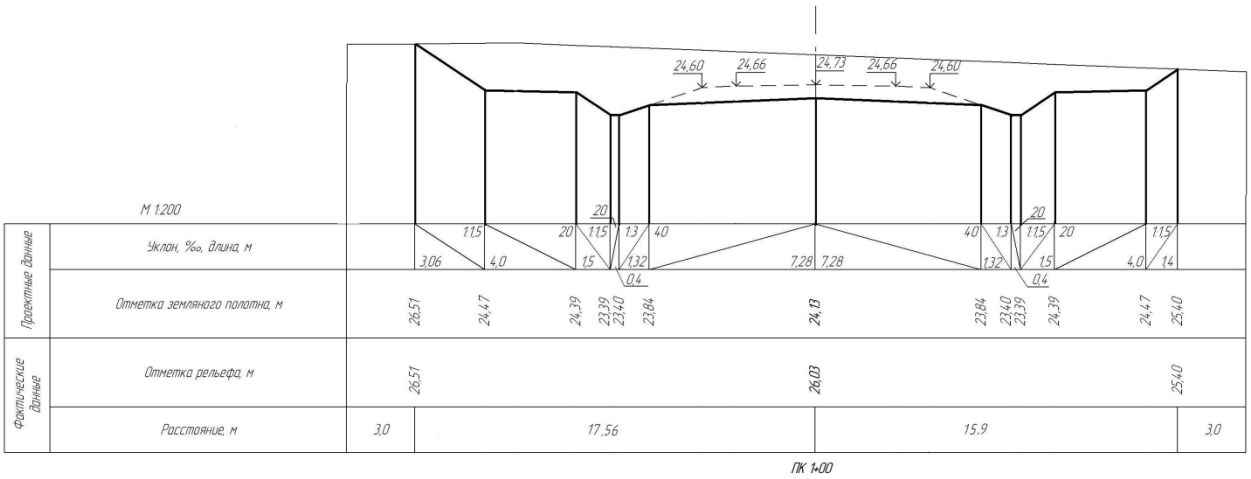

Рисунок 1 – Чертёж поперечного профиля выемки с закюветными полками

Пусть дана дорога IV категории, запроектированная во второй дорожно-климатической зоне. Толщина дорожной одежды составляет 0,6 м. Необходимо запроектировать поперечный профиль земляного полотна в виде выемки с закюветными полками. Такие поперечные профили применяют для выемок глубиной от 1 до 5 м на снегозаносимых участках. На чертеже продольного профиля дороги выбираем ПК 1+00, где рабочая отметка составляет 1,30 м. Из чертежа продольного профиля выписываем отметку рельефа 26,03 м и проектную отметку (отметку оси дороги) 24,73 м.

2 Построение чертежа

2.1 Построение сетки чертежа и линии рельефа. Начинают с построения сетки чертежа и её боковика, размеры которого приведены на рис. 2.

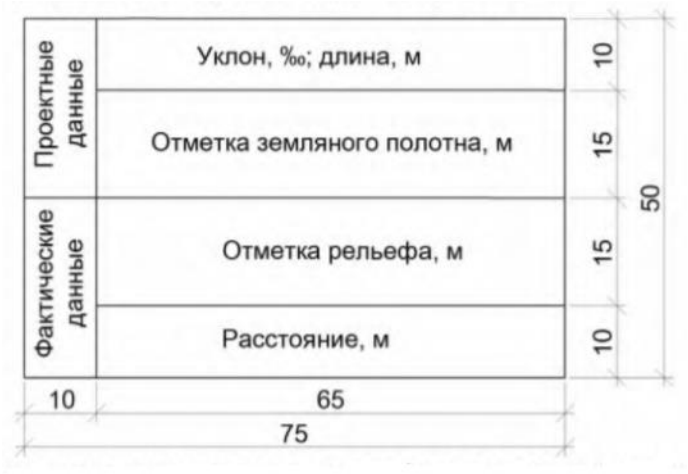

Рисунок 2 – Боковик сетки чертежа поперечного профиля земляного полотна [6]

Далее строят линию рельефа. Расстояние от верхней линии сетки чертежа до оси дороги складывается из рабочей отметки, взятой в масштабе, и полосы шириной 2-4 см. Откладывают вверх в масштабе рабочую отметку (в примере – это 1,3 м) и проводят линию рельефа. Если известна только отметка рельефа по оси дороги, то линию проводят горизонтальной. Если известно несколько отметок рельефа в поперечном сечении дороги, то строят поперечный профиль линии земли в соответствии с известными отметками и расстоянием между ними. Данные по отметкам и расстоянию между ними помещают в графу «Фактические данные». Согласно [6] линия рельефа строится *сплошной тонкой линией*. На рис. 1 линия рельефа имеет небольшой поперечный уклон. По оси трассы рельеф имеет отметку 26,03 м; влево на расстоянии 17,56 м – отметку 26,51 м; вправо на расстоянии 15,9 м – отметку 25,40 м.

2.2 Определение расстояния от границы полосы отвода до оси дороги. Это расстояние складывается из:

- половины ширины земляного полотна (ширина земляного полотна – расстояние между бровками земляного полотна[1]) b;
- ширины кювета $b_к$;
- ширины закюветной полки $b_п$;
- длины проекции внешнего откоса выемки $b_{отк}$;

[1] *Бровка земляного полотна* – это точка сопряжения обочины с внутренним откосом выемки.

- ширины прилегающей к внешнему откосу полосы $b_{пр}$ – земельного участка, предназначенного для обеспечения необходимых условий производства работ по содержанию автомобильных дорог. Ширина этой полосы должна быть не менее 3 м с каждой стороны дороги. Тогда расстояние от границы полосы отвода до оси дороги составит:

$$b_{гпо} = \frac{b}{2} + b_к + b_п + b_{отк} + b_{пр}. \quad (1)$$

Ширина кювета складывается из ширины его дна $b_{дна}$ и двух проекций откосов кювета на горизонтальную поверхность:

$$b_к = b_{дна} + mh_к + nh_к = b_{дна} + (m+n)h_к, \quad (2)$$

где $h_к$ – глубина кювета, m – заложение внутреннего откоса выемки, n – заложение внешнего откоса выемки.

Ширину кювета по дну обычно принимают $b_{дна}$ = 0,4 м. Глубина кювета в выемке $h_к$ = 1,2 м. Заложение внутреннего откоса выемки зависит от категории дороги. У дорог I-III категорий m = 4, а у дорог IV-V категорий m = 3. Крутизна внешнего откоса зависит от вида грунта. Для выемок глубиной более 1 м на нескальных участках n = 1,5.

Ширину закюветных полок на снегозаносимых участках принимают обычно $b_п$ = 4 м.

Проекцию внешнего откоса в первом приближении можно оценить по формуле

$$b_{отк} = nh, \quad (3)$$

где h – рабочая отметка.

Оценим расстояние от границы полосы отвода до оси дороги в условиях рассматриваемого примера. Ширина земляного полотна дороги IV категории b = 10 м. Определим ширину кювета. Так как в рассматриваемом примере дорога имеет IV категорию, то m = 3. Тогда, подставляя значения параметров в формулу (2), $b_к = 0,4 + (3+1,5)\cdot 1,2 = 0,4 + 4,5\cdot 1,2 = 5,8$ м. Проекция откоса $b_{отк} = 1,5\cdot 1,3 = 1,95$ м. Подставляя полученные значения в формулу (1), получим $b_{гпо} = \frac{10}{2} + 5,8 + 4 + 1,95 + 3 = 19,75$ м.

2.3 Построение оси дороги и проектной отметки. От боковика сетки, откладывают расстояние $b_{гпо}$ и строят вертикальную штрих-пунктирную линию, проходящую через ось трассы. На ней в масштабе чертежа от линии рельефа вниз откладывают рабочую отметку. В рассматриваемом примере рабочая

отметка составляет 1,30 м, поэтому на рис. 1 проектная отметка (отметка оси дороги)

$$H_{оси} = 26{,}03 - 1{,}30 = 24{,}73 \text{ м}.$$

Ставят *знак отметки* – стрелку с полочкой (стрелку выполняют основными линиями длиной 2–4 мм, проведёнными под углом 45° к выносной линии или линии контура) и на полочке подписывают значение отметки.

2.4 Построение отметки кромки дорожной одежды. Отталкиваясь от отметки оси дороги, находят отметку кромки дорожной одежды.

$$H_{до} = H_{оси} - i_{поп}\frac{b_1}{2}, \qquad (4)$$

где b_1 – ширина дорожной одежды, $i_{поп}$ – поперечный уклон покрытия дорожной одежды.

Для дороги IV категории, находящейся во II дорожно-климатической зоне, и имеющей асфальтобетонное покрытие, b_1 = 7 м; $i_{поп}$ = 0,02. Тогда кромка дорожной одежды находится на расстоянии 3,5 м от оси и на 0,07 м ниже отметки оси дороги:

$$H_{до} = H_{оси} - i_{поп}\frac{b_1}{2} = 24{,}73 - 0{,}02 \cdot \frac{7}{2} = 24{,}73 - 0{,}07 = 24{,}66 \text{ м}.$$

Точки кромки дорожной одежды откладывают слева и справа от оси дороги. Ставят знак отметки и подписывают значение этой отметки.

2.5 Построение отметки бровки земляного плотна. Затем переходят к построению точки бровки земляного полотна.

$$H_{бр} = H_{до} - i_{об}b_2, \qquad (5)$$

где b_2 – ширина обочины за вычетом краевой полосы, $i_{об}$ – поперечный уклон обочины.

Для дороги IV категории, находящейся во II дорожно-климатической зоне, и имеющей асфальтобетонное покрытие, b_2 = 1,5 м; $i_{об}$ = 0,04. Бровка земляного полотна находится на расстоянии 1,5 м от кромки дорожной одежды и на 0,06 м ниже неё.

$$H_{бр} = H_{до} - i_{об}b_2 = 24{,}66 - 0{,}04 \cdot 1{,}5 = 24{,}66 - 0{,}06 = 24{,}60 \text{ м}.$$

Точки левой и правой бровки земляного полотна откладывают соответственно слева и справа от левой и правой кромки дорожной одежды. Ставят знак отметки и подписывают значение этой отметки.

2.6 Построение внутреннего откоса выемки. Высота внутреннего откоса выемки равна глубине канавы $h_к$. Внутренний откос выемки строят от

бровки земляного полотна. Для этого из точки левой бровки земляного полотна опускаем перпендикуляр на глубину $h_к$ и от него откладываем влево величину проекции внутреннего откоса выемки. Длина проекции составляет $m \cdot h_к$ (рис. 3). В условиях примера $m \cdot h_к = 3 \cdot 1{,}20 = 3{,}60$ м. Откос строится в виде отрезка, соединяющего бровку земляного полотна и подошву внутреннего откоса выемки (дно кювета).

Абсолютная отметка дна кювета определится по формуле

$$H_{дна} = H_{бр} - h_к \ . \qquad (5)$$

В условиях примера $H_{дна} = 24{,}60 - 1{,}2 = 23{,}40$ м.

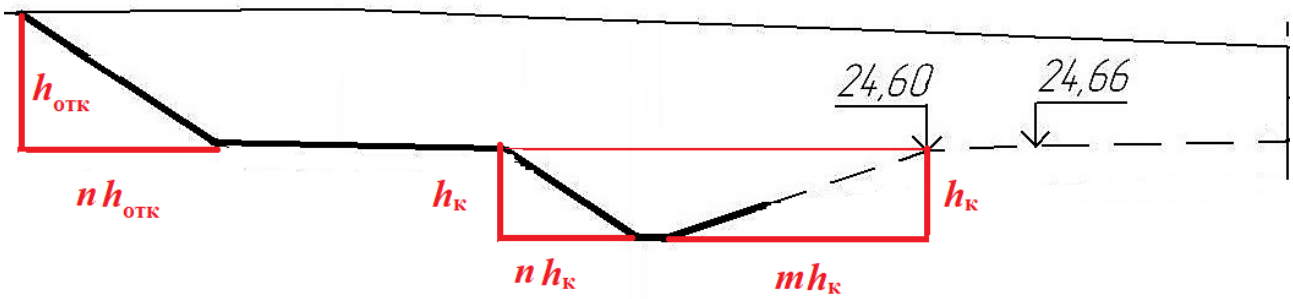

Рисунок 3 – Схема построения откосов в выемке

2.7 Построение дна кювета. Затем строим дно кювета – влево откладываем отрезок, равный ширине дна кювета $b_к = 0{,}4$ м. В реальных проектах дну кювета придают поперечный уклон 20 ‰ (рис. 1), чтобы при небольшом объёме воды поток жидкости не растекался по всему дну кювета, а собирался у внешнего его откоса. Но в учебном проектировании допускается придавать дну кювета нулевой поперечный уклон. Далее с обратным уклоном аналогичным образом строим *внешний откос кювета*, заканчивающийся закюветной полкой (рис. 3). Внешний откос кювета имеет заложение n. В примере $n = 1{,}5$.

2.8 Построение закюветной полки. Закюветная полка обычно строится на уровне бровки земляного полотна. Ей придают поперечный уклон в сторону кювета 20 ‰, чтобы тающий снег стекал в кювет. Длина полки равна 4 м.

2.9 Построение внешнего откоса выемки. Внешний откос выемки также строится с заложением n. Его высота равна разности между отметкой закюветной полки и отметкой рельефа.

2.10 Построение линии верха земляного полотна. *Линия верха земляного полотна* – это верхняя граница насыпи, на которую укладывают

дорожную одежду. Отметку земляного полотна по оси дороги определяют путём вычитания из проектной отметки $H_{оси}$ толщины дорожной одежды $h_{до}$:

$$H_{зп} = H_{оси} - h_{до}. \quad (6)$$

В нашем примере

$$H_{зп} = H_{оси} - h_{до} = 24,73 - 0,6 = 24,13\,м.$$

Эту отметку записывают в графу «Отметка земляного полотна, м». На рис. 4 данная точка обозначена буквой ***А***.

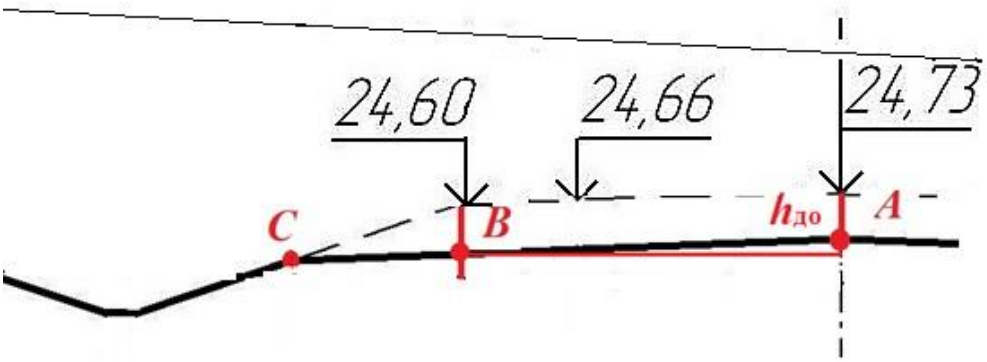

Рисунок 4 – Схема построения линии верха земляного полотна

С целью обеспечения стока воды из вышележащего слоя основания дорожной одежды (*дополнительный слоя основания*[2]) на откос насыпи, линии верха земляного полотна придают уклон, равный поперечному уклону обочины (30-40 ‰). Чтобы построить эту линию необходимо сначала построить дополнительную точку ***В***, которая лежит на вертикальной линии, проходящей через бровку земляного полотна. Её отметку определяют по формуле

$$H_B = H_A - i\frac{b}{2}, \quad (7)$$

где $H_A = H_{зп}$ отметка земляного полотна по оси дороги, i – поперечный уклон линии верха земляного полотна, b – ширина земляного полотна. В условиях нашего примера

$$H_B = H_A - i\frac{b}{2} = 24,13 - 0,04 \cdot \frac{10}{2} = 24,13 - 0,2 = 23,93\,м.$$

[2] *Дополнительный слой основания* дорожной одежды – нижний слой в конструкции дорожной одежды, который выполняет роль выравнивающего, дренирующего и морозозащитного слоя.

Таким образом, точка ***B*** находится ниже точки ***A*** на 0,2 м (рис. 4). Линию верха земляного полотна проводят через точки ***A*** и ***B*** до пересечения с линией внутреннего откоса выемки. В результате пересечения этих двух линий образуется точка ***C***.

2.11 Оформление проектной линии поперечного профиля земляного полотна. Линию верха рабочего слоя, участок внутреннего откоса от точки ***C*** кювет, закюветную полку и внешний откос отображают *сплошной толстой линией* (чёрной или красной), т. к. это и есть *проектная линия поперечного профиля земляного полотна*, характеристики которой (уклоны и длины отрезков, отметки на переломах) записывают в графу сетки чертежа «Проектные данные».

В графе «Уклон, ‰, длина, м» для линии верха земляного полотна и линии дна кювета записывают значение уклона, измеряемое в промилле. Для откосов выемки и кювета записывают коэффициент заложения (в нашем примере он равен 1:3). Расстояние от точки выхода линии верха земляного полотна (точка ***C***) до оси дороги определяют простым измерением. Остальные значения длин получены расчётами при построении поперечного профиля.

В графе «Отметка земляного полотна, м» записывают отметку земляного полотна по оси дороги (отметку точки ***A***). Отметку точки ***C*** определяют по формуле

$$H_C = H_A - i \cdot l_c, \qquad (8)$$

где l_C – расстояние от точки ***C*** (точки выхода линии верха земляного полотна) до оси дороги, i – поперечный уклон линии верха земляного полотна.

На чертеже (рис. 1) длина l_C = 7,28 м, тогда

$$H_C = H_A - i \cdot l_c = 24{,}13 - 0{,}04 \cdot 7{,}28 = 23{,}84 \text{ м}.$$

2.12 Построение прилегающих к земляному полотну полос. Ширину земельных участков, предназначенных для обеспечения необходимых условий производства работ по содержанию автомобильных дорог, принимаем 3 м. Откладываем влево и вправо соответственно от бровки внешнего откоса выемки по 3 м и ставим вертикальные границы полосы отвода (ГПО). Указываем в графе «Расстояние, м» число 3,0.

3.10 Отображение линии верха проектной поверхности дороги. Строительство автомобильной дороги производят в несколько стадий. Сначала возводят грунтовые насыпи и разрабатывают выемки. На второй стадии строительства сверху земляного полотна устраивают слои дорожной одежды и

присыпают к ним обочины. Т. к. эти элементы не являются элементами земляного полотна, то на чертеже поперечных профилей земляного полотна их отображают *тонкой пунктирной линией*.

Список источников

1. Проектирование автомобильных дорог. Основы [Электронный ресурс]: учебное пособие /В.И. Жуков В.И., Т.В. Гавриленко. – Красноярск: Сиб. Федер. ун-т, 2014. – 144 с.
2. Федотов Г.А., Поспелов П.И. Изыскания и проектирование автомобильных дорог. В 2 кн. Кн.1: Учебник. – М.: Высш. шк., 2009. – 646 с.
3. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85* / Мин-во регионального развития РФ. – М., 2013. – 139 с.
4. Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ: федер. закон №257: [принят Гос. Думой 18 окт. 2007 г.].
5. О нормах отвода земель для размещения автомобильных дорог и (или) объектов дорожного сервиса [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ от 2 сентября 2009 г. № 717. Доступ из справ.-правовой сист. «КонсультантПлюс».
6. ГОСТ 21.701-2013 Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автомобильных дорог. – Москва, Стандартинформ, 2014. – 35 с.