ОПРЕДЕНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ ОТМЕТОК ПРОЕКТНОЙ ЛИНИИ (САПР)

1. Разбивка дополнительных створов в контрольных точках

К *контрольным точкам* проектной линии относятся следующие: начало и конец трассы; отметки проезжей части мостов и путепроводов; минимальные отметки насыпи над трубами; отметки головки рельса железной дороги и отметки осей проезжих частей существующих автомобильных дорог на пересечениях в одном уровне с проектируемой дорогой.

2. Контрольные отметки проектной линии в начале и конце трассы

Контрольные точки проектной линии в начале и конце трассы – это точки, через которые проектная линия продольного профиля обязана пройти строго. В курсовом проектировании их принимают в соответствии с руководящими отметками. Если в начале и конце трассы сток воды обеспечен, то контрольные точки определяют по формулам:

$$H_{НТ} = H_{З,НТ} + h_I, \quad (1)$$

$$H_{КТ} = H_{З,КТ} + h_I, \quad (2)$$

где $H_{З,НТ}$, $H_{З,КТ}$ – отметки земли в начале и конце трассы соответственно (**чёрные отметки рельефа берут в соответствующих створах из окна продольного профиля дороги!**), h_I – руководящая отметка для первого типа местности по увлажнению.

Например:

Начало трассы $H_{нт} = H_з + h_{рук}$ = 124,25 +1,18 = 125,43 м.

Конец трассы $H_{кт} = H_з + h_{рук}$ = 129,49 +1,18 = 130,67 м.

3. Контрольная отметка проектной линии над трубой

Прежде, чем вычислять контрольную точку, необходимо в разбивку трассы добавить дополнительный створ (дополнительный поперечный профиль), в котором запроектирована труба. Его нужно построить в окне «**Продольный профиль**», который вызывается на закладке «**Модель трассы**». Построенная на плане трассы труба должна уже присутствовать на продольном профиле дороги.

В левом верхнем углу окна «**Продольный профиль**» активируют пиктограмму  **«Создание поперечного профиля»** и курсором мыши приближённо указывают в створе с трубой положение нового поперечного профиля, щёлкнув ЛКМ. В появившемся окне нужно уточнить пикет, т. е. указать значение пикета, на котором установлена труба. Плюсовые точки следует округлить до целого зна-

чения (т.е. не **ПК 15+65,317**, а **ПК 15+65**). Теперь становится известной отметка земли в данном створе.

Минимально допустимые отметки над трубами являются контрольными точками, ограничивающими положение проектной линии снизу. Положение контрольной точки над трубой зависит от нескольких факторов, в том числе от режима течения в трубе. Трубы под насыпями проектируют, как правило, на *безнапорный режим протекания* – это когда входное отверстие трубы не затоплено и на протяжении всей трубы водный поток имеет свободную поверхность. Схема режима показана на рис. 1 [2].

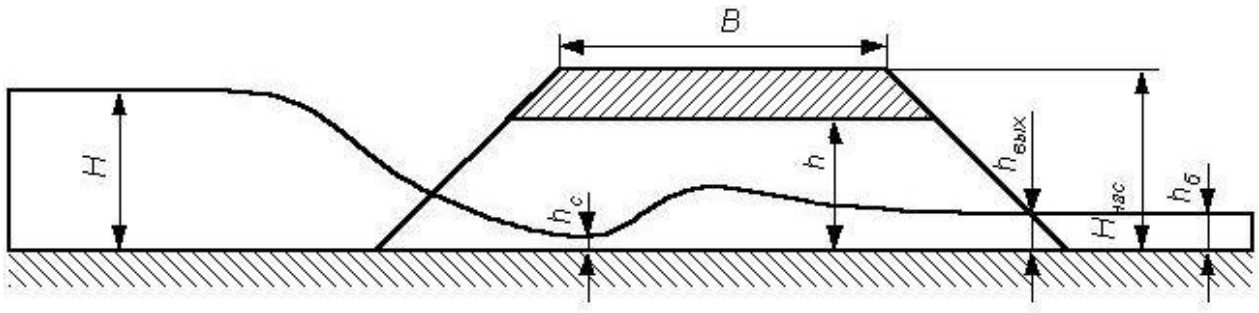


Рисунок 1 – Схема безнапорного режима течения: H – напор воды перед трубой, h_c – глубина потока в сжатом сечении, h – высота трубы в свету, $h_{вых}$ – глубина потока на выходе из трубы, $H_{нас}$ – высота насыпи, $h_б$ – глубина потока в бытовом состоянии (до возведения насыпи), B – ширина земляного полотна

В случае безнапорного течения воды в трубе минимальную высоту насыпи в створе трубы определяют по формуле

$$h_{min} = d + \delta + \Delta + h_{ДО}, \quad (3)$$

где d – диаметр трубы, δ – толщина стенки трубы, Δ – толщина грунтовой засыпки над трубой, $h_{ДО}$ – толщина монолитных слоёв конструкции дорожной одежды.

Толщина стенок звена трубы зависит от высоты насыпи. В случае круглой трубы её принимают по табл. 1. Для прямоугольной трубы при высоте насыпи до 8 м толщина звена равна 0,22 м при ширине отверстия 2 м; 0,3 м – при ширине отверстия 3 м; 0,36 м – при ширине отверстия 4 м.

Толщину засыпки над трубой принимают равной 0,5 м, считая от верха звена трубы (или плиты перекрытия в прямоугольной трубе) и до низа пакета монолитных слоёв в конструкции дорожной одежды. Для гофрированных металлических труб налагается дополнительное условие, что толщина засыпки должна быть не менее 0,8 м от верха звена трубы до поверхности дорожного покрытия [3].

Толщину конструкции слоёв дорожной одежды (суммарную толщину асфальтобетонных слоёв и слоёв, укреплённых вяжущим) можно предварительно принять для дороги II категории $h_{ДО}$ = 0,5 м, III и IV категории $h_{ДО}$ = 0,45 м.

Таблица 1 – Технические характеристики круглых железобетонных труб

Диаметр отверстия d, м	Входное звено		Длина оголовка $l_{огол}$, м	Высота насыпи $H_н$, м	Толщина звена δ, м
	высота $h_{вх}$, м	длина $l_{вх}$, м			
1,0	1,20	1,32	1,78	До 4,0	0,10
				4,1 – 7,0	0,12
1,25	1,50	1,32	2,26	До 4,0	0,12
				4,1 – 8,0	0,14
				8,1 – 20,0	0,18
1,50	1,80	1,32	2,74	До 4,5	0,14
				4,6 – 9,0	0,16
				9,1 – 20,0	0,22
2,00	2,40	1,32	3,66	До 5,0	0,16
				5,1 – 9,0	0,20
				9,1 – 20,0	0,24

Примечание. У труб с нормальным входным звеном его высота на входе равна диаметру трубы, а длина составляет 1,0 м.

Толщину конструкции слоёв дорожной одежды (суммарную толщину асфальтобетонных слоёв и слоёв, укреплённых вяжущим) можно предварительно принять для дороги II категории $h_{ДО}$ = 0,5 м, III и IV категории $h_{ДО}$ = 0,45 м.

Контрольную отметку над трубой определяют по формуле

$$H_{min} = H_{з,тр} + h_{min}, \quad (4)$$

где $H_{з,тр}$ – отметка рельефа по оси дороги в створе трубы.

На рис. 2 представлены фото гофрированной и железобетонной трубы.



Рисунок 2 – Трубы под насыпями; слева – гофрированная; справа - железобетонная

Пример 1. Диаметр d = 1,5 м, толщина стенки железобетонной трубы δ = 0,14 м, толщина конструкции слоёв дорожной одежды $h_{ДО}$ = 0,45 м.

$$h_н = d + \delta + \Delta + h_{ДО} = 1,5 + 0,14 + 0,5 + 0,45 = 2,59 \text{ м}.$$

$$H_{\min} = H_{з,тр} + h_{\min} = 120,0 + 2,59 = 122,59 \text{ м}.$$

Если на дороге требуется установить ещё несколько труб, помимо запроектированной трубы, то размеры их отверстий принимаем такими же.

4. Контрольная отметка проектной линии на пересечении дорог в одном уровне

Аналогичным образом строят дополнительный поперечный створ в окне продольного профиля в месте пересечения осей существующей и проектируемой дороги. Контрольную точку определяют по руководящей отметке. В случае первого типа местности по увлажнению

$$H_{дор} = H_{з,дор} + h_{I}, \quad (5)$$

где $H_{з,дор}$ – отметка рельефа в створе перекрестка, h_{I} – руководящая отметка для первого типа местности по увлажнению.

Например, $H_{дор}$ = 121,82 +1,18 = 123,0 м.

5. Определение минимальной отметки проезда по мосту

Назначение минимальной отметки проезда по мосту связано с определением необходимого возвышения низа пролётных строений моста над уровнем воды. Для мостов через несудоходные реки минимальная отметка проезда находится по формуле

$$H_{м\ min} = РУВВ + Г_{н} + h_{к}, \quad (6)$$

где РУВВ – расчётный уровень высоких вод, $Г_{н}$ – подмостовой габарит (минимальное возвышение низа пролётного строения моста над уровнем воды); $h_{к}$ – конструктивная высота пролётного строения.

Подмостовой габарит назначают по табл. 2. Расчётный уровень высокого ледохода для бассейнов в районах среднего и нижнего течения крупных рек Сибири и Европейского Севера России можно принимать таким же, как наивысший уровень весеннего половодья [3]. Тогда подмостовой габарит следует откладывать от РУВВ при любых исходных данных на проектирование: если на реке наблюдается ледоход, то $Г_{н}$ = 1,0 м; карчеход – $Г_{н}$ = 0,75 м; при отсутствии сведений о ледоходе и карчеходе – $Г_{н}$ = 0,5 м.

Конструктивная высота пролётного строения складывается из высоты балки h и толщины дорожной одежды $h_{до}$:

$$h_{к} = h + h_{до}. \quad (7)$$

Высота балки зависит от её длины и принимается по табл. 3. Трудность назначения высоты балки заключается в том, что она зависит от выбора кон-

струкции пролётных строений, который, в свою очередь, обуславливается длиной моста, а длина моста зависит от его высоты. В рамках учебного проектирования допускается при определении минимальной отметки проезда задавать наибольшую высоту балки, т.е. h = 1,73 м.

Таблица 2 – Подмостовой габарит для несудоходных рек

Возвышение низа пролётного строения	**$Г_н$, м**	
	над РУВВ	**над наивысшим уровнем ледохода**
При РУВВ	0,5	-
При наличии заторов льда	0,75	1,0
При наличии карчехода	1,0	-

Конструкция дорожной одежды, уложенная на мосту, имеет гораздо меньшую толщину, чем на земляном полотне. При использовании плотного асфальтобетона толщина дорожной одежды на мосту должна составлять 80-110 мм. Применение литого асфальтобетона позволяет уменьшить толщину до 70-80 мм. Также в последнее время находят свое применение тонкослойные покрытия на основе полимерных смол толщиной 20-25 мм, которые способны выполнять как гидроизолирующую функцию, так и функцию слоя износа [4]. В учебном проектировании можно принять толщину дорожной одежды $h_{до}$ = 0,1 м.

Пример 2. Дано: РУВВ = 115,2 м; ледоход.

По формуле (7) вычисляем предварительную конструктивную высоту пролётного строения:

$$h_к = h + h_{до} = 1,73 + 0,1 = 1,83 \text{ м}.$$

По формуле (6) находим минимально допустимую отметку проезда по мосту:

$$H_{м\,min} = РУВВ + Г_н + h_к = 115,2 + 1,0 + 1,83 = 118,03 \text{ м}.$$

Найденные отметки помещают в ведомость контрольных точек по мере возрастания пикетажа (табл. 3).

Таблица 3 – Ведомость контрольных отметок

№ точки	Название точки	Пикет	Отметка, м			Положение проектной линии
			рельефа (РУВВ для моста)	рабочая	проектной линии	
1	Начало трассы	0+00	124,25	1,18	125,43	проходит через отметку
2	Труба	6+25	120,08	2,51	не менее 122,59	не ниже отметки
3	Пересечение дорог в одном уровне	8+76	121,82	1,18	123,0	близко к отметке
4	Мост	11+25	115,2	2,83	не менее 118,03	не ниже отметки
5	Конец трассы	16+79,6	129,49	1,18	130,67	проходит через отметку

Источники информации

1. Жуков, В.И. 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. Изыскания и проектирование автомобильных дорог. В 2 кн. Кн.1: учебник / Г.А. Федотов, П.И. Поспелов. – М.: Высш. шк., 2009. – 646 с.

3. СП 35.13330.2011 Мосты и трубы. / Мин-во регионального развития Российской Федерации. – М., 2011. – 287 с.

4. Современные технологии в проектировании автомобильных дорог: учебно-методическое пособие / Т.В. Гавриленко, Т.А. Фёдорова – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2020. – 62 с.

5. Официальный сайт компании IndorSoft [электронный ресурс]. http://www.indorsoft.ru