МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Автомобильные дороги»

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

ИЗЫСКАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Методические рекомендации к практическим занятиям для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» дневной и заочной форм обучения

Часть 4

Могилев 2019

УДК 625.72
ББК 39.311
И79

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Автомобильные дороги» «29» октября 2019 г., протокол № 3

Составители: А. М. Сергеева; О. И. Бродова;
Ю. Н. Лебедева; Е. А. Шаройкина

Рецензент канд. техн. наук, доц. О. В. Голушкова

В методических рекомендациях рассматриваются вопросы расчета элементов пересечения и составления схемы обстановки дороги на транспортной развязке «Клеверный лист», проектирования примыкания в двух уровнях по типу «Труба», реконструкции автомобильной дороги, а также расчета дорожных насыпей на болотных грунтах.

Учебно-методическое издание

ИЗЫСКАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Часть 4

Ответственный за выпуск В. В. Кутузов

Редактор А. А. Подошевко

Компьютерная верстка Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 56 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2019

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

Содержание

Введение……..... 4
1 Практическая работа № 1. Расчет элементов пересечения по типу «Клеверный лист»…… 5
2 Практическая работа № 2. Составление схемы обстановки дороги на транспортной развязке «Клеверный лист»…… 23
3 Практическая работа № 3. Проектирование примыкания в двух уровня по типу «Труба»…… 25
4 Практическая работа № 4. Реконструкция автомобильной дороги……... 36
5 Практическая работа № 5. Расчет дорожных насыпей на болотных грунтах……. 43
Список литературы…….. 48

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

Введение

Целью учебной дисциплины «Изыскание и проектирование автомобильных дорог» является формирование у студентов знаний о методах проектирования и изысканий автомобильных дорог с учетом народно-хозяйственного значения этих сооружений, природных условий, требований эффективной и безопасной эксплуатации автомобильного транспорта.

Задачами учебной дисциплины являются изучение основ расчета при проектировании пересечений и примыканий автомобильных дорог, проектирование и установка знаков.

Цель практических занятий заключается в формировании знаний, умений и навыков, необходимых в области проектирования автомобильных дорог, в частности: расчета элементов пересечения и составления схемы обстановки дороги на транспортной развязке «Клеверный лист», проектирования примыкания в двух уровнях по типу «Труба», реконструкции автомобильной дороги, а также расчета дорожных насыпей на болотных грунтах.

Практические занятия обеспечивают подготовку студентов к инженерной деятельности в области проектирования автомобильных дорог.

Отчеты содержат расчеты по темам и пояснительные рисунки, а также графическую часть, которая может быть выполнена с применением программного комплекса «CREDO ДОРОГИ», «AutoCAD». Работы оформляются в рабочих тетрадях или на листах формата А4.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

1 Практическая работа № 1. Расчет элементов пересечения по типу «Клеверный лист»

На транспортных развязках, имеющих в основе элементы кольца, для размещения подъездов и спусков, а также расположения вертикальных кривых радиус кольца очень часто приходится назначать значительно больше минимального значения, найденного по формуле

$$R_{\min} = \frac{V^2}{g \cdot (\mu + i_в)}, \tag{1.1}$$

где V – расчетная скорость движения, м/с;

g – ускорение свободного падения, м/с;

μ – коэффициент поперечной силы, $\mu = 0{,}2 - 7{,}5^{-4} \cdot V$;

$i_в$ – поперечный уклон виража.

При отсутствии виража (на двухпутном съезде при двухскатном поперечном уклоне или на однопутном съезде с поперечным уклоном, направленном не внутрь кривой, а наружу) минимальный радиус съезда

$$R_{\min} = \frac{V^2}{g \cdot (\mu - i_n)}, \tag{1.2}$$

где i_n – поперечный уклон проезжей части кривой.

На рисунке 1.2 показана схема пересечения автомобильных дорог в разных уровнях по типу клеверного листа с переходно-скоростными полосами для левоповоротного потока движения. Такую схему применяют при взаимном пересечении дорог II категории. Если же пересекаются дороги I категории, то устанавливают единые переходно-скоростные полосы для потоков, сворачивающих влево и вправо.

Расчет элементов пересечения по типу клеверного листа левоповоротного съезда. Расчет производят в такой последовательности: сначала рассчитывают элементы левоповоротных съездов, так как они, в основном, определяют размеры транспортной развязки. Если автомобильные дороги пересекаются под прямым углом, то все левоповоротные съезды находятся примерно в одинаковых условиях. В таких случаях производят расчет элементов только одного левоповоротного съезда, а для остальных съездов принимают те же элементы. Если же дороги пересекаются под острым углом, то сначала рассчитывают элементы левоповоротного съезда, который соответствует углу. Это объясняется тем, что условия проектирования указанного съезда являются более сложными, чем смежного с ним съезда при одинаковом для всех левоповоротных съездов радиусе круговой кривой R, найденном по формуле (1.1), длина данного съезда меньше, чем съезда, который соответствует тупому углу $a' = 180^\circ - a$. Эта длина может не позволить запроектировать съезд в продольном профиле с соблю-

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

дением необходимых значений максимального продольного уклона радиусов вертикальных кривых. Тогда приходится увеличивать радиус круговой кривой R по сравнению с его значением, найденным по формуле (1.1). Затем производят расчет левоповоротного съезда, соответствующего тупому углу.

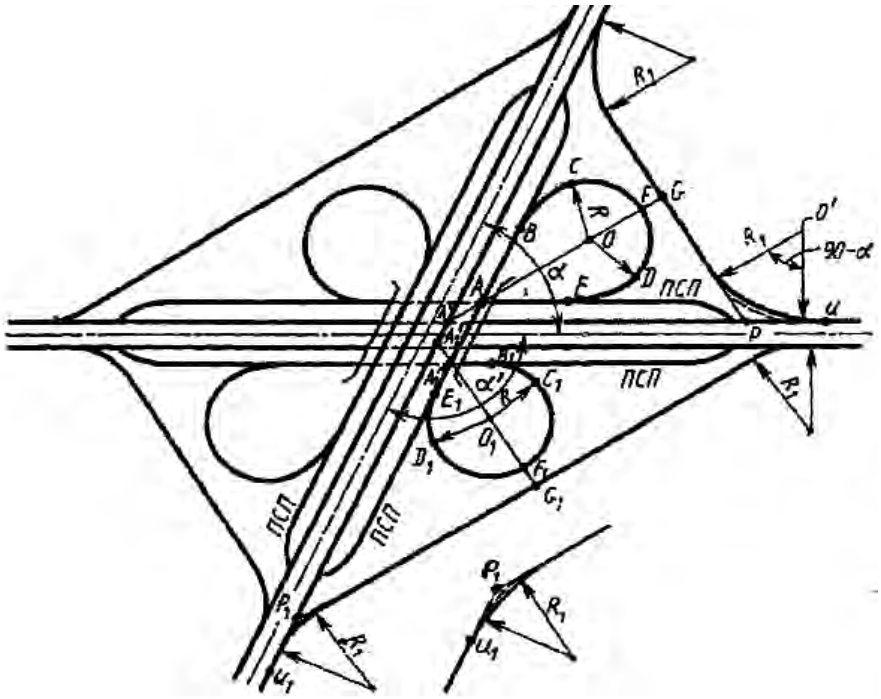


Рисунок 1.1 – Расчетная схема пересечения по типу клеверного листа

После этого рассчитывают элементы правоповоротных съездов.

На рисунке 1.2 показана расчетная схема левоповоротного съезда, соответствующая острому углу. Расчет левоповоротного съезда заключается в определении расстояния между точками A и B, A и E (т. е. в нахождении отрезка $AB = AE$), а также в установлении полной длины: съезда с учетом возможности проектирования его в продольном профиле.

Как видно из рисунка 1.2, расстояние из косоугольного треугольника АМО на основании теоремы синусов можно записать как

$$\frac{AN}{\sin\eta} = \frac{ON}{\sin\frac{\alpha}{2}},$$

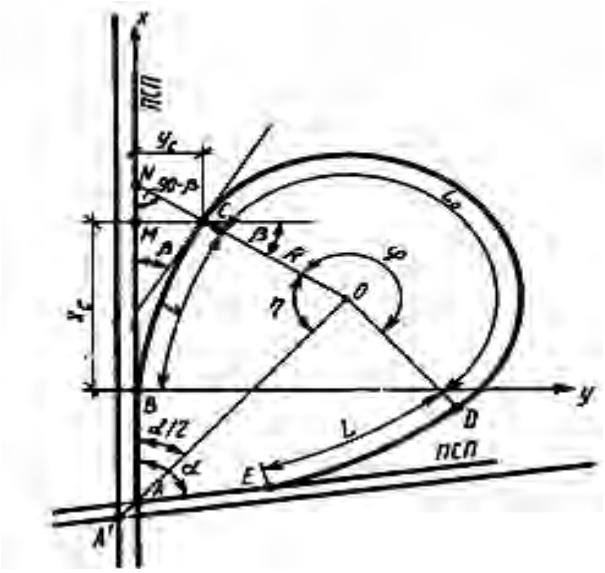
где $\eta = 180^\circ - \alpha/2 - (90^\circ - \beta) = 90^\circ + \beta - \alpha/2$;

отрезок $ON = OC + CN = R + Y_c/\cos\beta$.

Тогда отрезок

$$AN = ON\frac{\sin\eta}{\sin\frac{\alpha}{2}} = \left(R + \frac{Y_c}{\cos\beta}\right)\cdot\frac{\sin\eta}{\sin\frac{\alpha}{2}}. \qquad (1.3)$$

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/



R – радиус круговой кривой; *O* – центр круговой кривой; φ – центральный угол круговой кривой; L_0 – длина круговой кривой; *A* – точка пересечения осей переходно-скоростных полос; *A′* – точка пересечения осей внешних полос движения; *B* – начало первой переходной кривой (начало съезда); *C* – конец первой кривой и начало круговой кривой; *D* – конец круговой кривой и начало второй переходной кривой; *E* – конец второй переходной кривой (конец съезда); *L* – длина переходной кривой; β – угол поворота переходной кривой; X_c – абсцисса точки *C*, $X_c = BM$; Y_c – ордината точки *C*, $Y_c = MC$; η – угол между биссектрисой угла α и отрезком *OC*

Рисунок 1.2 – Расчетная схема левоповоротного съезда

Окончательно получаем

$$AB = AE = \left(R + \frac{Y_c}{\cos\beta}\right) \cdot \frac{\sin\eta}{\sin\frac{\alpha}{2}} - X_c - Y_c \cdot \mathrm{tg}\beta. \qquad (1.4)$$

Длина круговой кривой

$$L_0 = \frac{2\pi R}{360°} \cdot \varphi = \frac{\pi R}{180°} \cdot \varphi. \qquad (1.5)$$

Центральный угол круговой кривой

$$\varphi = 360° - 2\eta = 360° - 2 \cdot \left(90° + \beta - \frac{\alpha}{2}\right) = 180° + \alpha - 2\beta. \qquad (1.6)$$

Длина съезда в плане

$$L_{пл} = L_0 + 2L. \qquad (1.7)$$

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

Левоповоротные съезды можно рассчитывать на постоянную и переменную скорости. Если левоповоротный съезд проектируют на постоянную скорость, то длину переходной кривой L, описываемой по клотоиде, находят по формуле

$$L = \frac{V^3}{R \cdot J}, \tag{1.8}$$

где V – расчетная скорость движения по кривой, м/с;

R – радиус (основной) кривой, м;

J – степень нарастания центробежного ускорения (максимальное значение принимают равным 0,6 м/с^3), м/с^3.

Угол поворота переходной кривой определяют по формуле

$$\beta = \frac{57,3L}{2R}. \tag{1.9}$$

Если левоповоротный съезд проектируется на наименьшую скорость, то в пределах переходной кривой скорость движения автомобиля будет изменяться от $V_{пр}$ до $V_{кр}$, а длину переходной кривой вычисляют по формуле

$$L = \frac{\left(V_{пр}^2 - V_{кр}^2\right)}{2 \cdot a}, \tag{1.10}$$

где $V_{пр}$ – скорость движения автомобиля на прямом участке дороги;

$V_{кр}$ – скорость движения автомобиля на круговой кривой;

a – ускорение, с которым снижается скорость от $V_{пр}$ до $V_{кр}$.

$$a = \frac{\left(V_{пр} - V_{кр}\right)}{T}, \tag{1.11}$$

где T – время, в течение которого автомобиль перемещается по переходной кривой.

Абсциссу и ординату точки C находим по формулам

$$X_c = L - \frac{a^2}{10\left(V_{пр} - V_{kp}\right)^2 \cdot V_{пр}^6} \cdot L^5; \tag{1.12}$$

$$Y_c = \frac{a}{3\left(V_{пр} - V_{kp}\right) \cdot V_{пр}^3} \cdot L^3. \tag{1.13}$$

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

Угол поворота переходной кривой

$$\beta = 57,3\left(\frac{a}{\left(V_{np} - V_{kp}\right)\cdot V_{np}^{3}}\cdot L^{2} + \frac{5a^{2}}{3\left(V_{np} - V_{kp}\right)\cdot V_{np}^{5}}\cdot L^{3}\right). \qquad (1.14)$$

Найденная по формуле (1.8) или (1.10) длина переходной кривой должна удовлетворять следующим условиям:

$$L \geq l_c + l_o, \qquad (1.15)$$

где l_o – длина отгона виража;

l_c – длина совмещенного участка съезда и переходно-скоростной полосы.

Если съезд транспортной развязки проектируют на постоянную скорость движения, то длина совмещенного участка может быть выведена из формулы

$$Y = \frac{l_c^{\,3}}{6C}, \qquad (1.16)$$

где C – параметр кривой.

Таким образом,

$$l_c = \sqrt[3]{6CY}\,, \qquad (1.17)$$

где Y_a = 0,5 ($П_1$ + $П_2$);

$П_1$ – ширина полосы движения однопутного съезда;

$П_2$ – ширина полосы движения двухпутной дороги или ширина переходно-скоростной полосы, м.

Ширина $П_1$ дана в таблице 1.1.

В таблице 1.2 даны значения l_c, подсчитанные по формуле (1.17).

Если съезд транспортной развязки проектируют на перемещенную скорость движения, то длина совмещенного участка l_c может быть найдена по формуле

$$l_c = V_{np}\cdot\sqrt[3]{\frac{3}{a}\cdot\left(V_{np} - V_{kp}\right)\cdot Y}\,. \qquad (1.18)$$

В таблице 1.3 даны значения длин совмещенного участка l_c, подсчитанные по формуле (1.18).

Если это условие не соблюдается, то нужно или увеличить длину переходной кривой L, или уменьшить длину отгона виража l_o.

При проектировании съезда на постоянную скорость увеличить длину переходной кривой L можно путем снижения степени нарастания центробежного

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

ускорения. При проектировании съезда на переменную скорость для увеличения длины переходной кривой L следует увеличить ускорение a. Уменьшение длины отгона виража l_o может быть осуществлено путем увеличения продольного уклона отгона виража i_o.

Таблица 1.1 – Максимальные расчетные значения ширины полосы проезжей части и двухпутных съездов

Показатель	Однопутный съезд при, км/ч			Двухпутный съезд при, км/ч		
	40	с 40 по 70	70	40	с 40 по 70	70
Ширина полосы движения, м	3,25	3,50	3,75	3,50	3,75	4,00
То же проезжей части, м	3,25	3,50	3,75	7,00	7,50	8,00
То же земляного полотна, м	7,75	8,00	8,25	11,00	12,50	13,50

Таблица 1.2 – Определение l_c для постоянной скорости

Скорость движения V, км/ч	Радиус круговой кривой R, м	Длина переходной кривой L, м	Параметр C, м	Ширина полосы движения $П$, м	Ордината Y, м	Длина совмещенного участка l_c, м
40	60	70	4200	3,25	3,5	45
50	90	75	6750	3,5	3,6	58
50	100	80	8000	3,5	3,6	56
60	125	85	10625	3,5	3,6	61
60	150	90	13500	3,75	3,8	66
70	180	95	17100	3,75	3,8	73
70	200	100	20000	3,75	3,8	77
70	210	105	23100	3,75	3,8	81
80	280	110	27500	3,75	3,8	86
80	300	120	36000	3,75	3,8	94
90	350	130	45300	3,75	3,8	101
90	400	135	54000	3,75	3,8	107

Таблица 1.3 – Значения длин совмещенного участка l_c

Скорость движения		a, м/с	$П$, м	Ордината Y, м	l_c, м
$V_{пр}$, км/ч	$V_{кр}$, км/ч				
50	40	0,50	3,5	3,6	55
60	50	0,47	3,5	3,6	67
70	60	0,48	3,75	3,8	78
80	70	0,50	3,75	3,8	91

После определения длины левоповоротного съезда в плане $L_{пл}$ нужно найти длину съезда $L'_{пл}$, в пределах которой может осуществиться его самостоятельное проектирование. Длину $L'_{пл}$ определяют по формуле

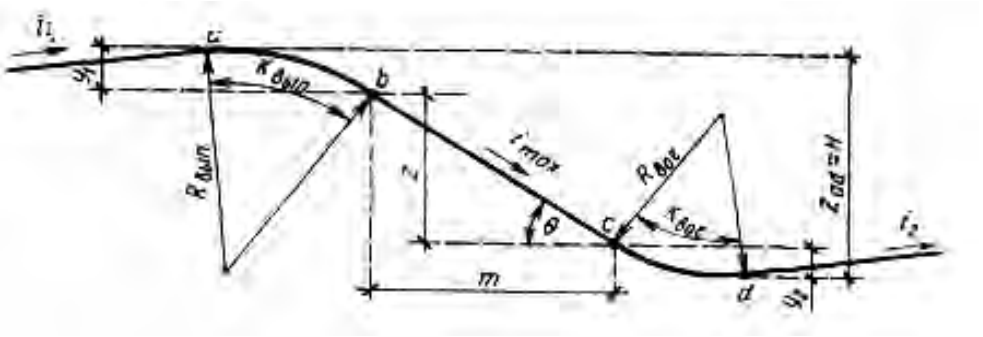
Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/

$$L'_{пл} = L_{пл} - 2 \cdot l_c. \qquad (1.19)$$

Затем проверяем, является ли полученная длина $L'_{пл}$ достаточной для возможности проектирования левоповоротного съезда в продольном профиле.

На рисунке 1.3 показан продольный профиль левоповоротного съезда. Обозначим через $L_{пр}$ длину левоповоротного съезда в продольном профиле, в пределах которого осуществляется его самостоятельное проектирование:

$$L_{пр} = \frac{H}{i_{\max}} + \frac{R_{вып}}{2 \cdot i_{\max}} \cdot \left(i_1 + i_{\max}\right)^2 + \frac{R_{вог}}{2 \cdot i_{\max}} \cdot \left(i_2 + i_{\max}\right)^2. \qquad (1.20)$$



i_1, i_2 – продольные уклоны пересекающихся дорог; $i_{\max}$ – максимальный продольный уклон на съезде; m – проекция участка съезда с максимальным уклоном на горизонтальную плоскость (на малости угла θ можно принимать $m \approx bc$, т. е. считать, что m – длина участка съезда с максимальным уклоном, например при $i_{\max}$ = tgθ – 0,04, угол θ = 2°18′, cosθ = 0,9992, $m = bc \cdot \cos\theta = bc \cdot 0{,}9992 \approx bc$); Z_{ad} – разность отметок точек a и d (величину Z_{ad} можно принимать приблизительно равной разности отметок бровок земляного полотна пересекающихся дорог H)

Рисунок 1.3 – Продольный профиль левоповоротного съезда

При этом должно соблюдаться условие $L_{пл} \geq L_{пр}$.

В противном случае можно увеличить геометрические элементы левоповоротного съезда и добиться соблюдения необходимого условия.

Аналогично проводят расчет левоповоротного съезда, соответствующего тупому углу $\alpha' = 180^\circ - \alpha$. Для этого съезда параметры L, l_c, l_o, β, X_c и Y_c имеют те же значения, что и для левоповоротного съезда, соответствующего углу α.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета
http://e.biblio.bru.by/