

УДК 625.7/8

**Е.И. МАРИНИН****Т.В. ДОРМИДОНТОВА****О РАСЧЕТЕ ПЕРЕХОДНЫХ КРИВЫХ И ИХ ВЛИЯНИИ  
НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ***ABOUT CALCULATION OF TRANSITION CURVES AND THEIR INFLUENCE  
ON THE ECOLOGICAL SAFETY OF ROADS*

Представлена методика расчета переходной кривой, необходимой при устройстве виражей на автомобильных дорогах, порядок ее построения на местности и влияние на экологическую безопасность и надежность. Рассмотрены вопросы построения переходных кривых. Выполнен анализ расчёта уширения проезжей части. Разобраны проблемы применения клотоид при трассировании для организации плавных трасс и для повышения степени безопасности движения. Улучшение эксплуатационных показателей процесса проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог разовьет производственно-экономический уровень строительно-дорожных предприятий, повысит качество, снизит себестоимость и усовершенствует экологические показатели дорожно-строительных материалов, поднимет эффективность и обеспечит безопасность дорожного движения.

**Ключевые слова:** автомобильные дороги, вираж, круговая кривая, переходная кривая, сдвинутая кривая, сопряженная кривая, пересечение, угол, риск, безопасность дорожного движения.

Автомобильные дороги представляют собой главный элемент транспортной системы городов. Они связывают обширную территорию, обеспечивают безопасность и совокупность всех процессов, происходящих в городах, обуславливают направление качественного изменения, улучшение приспособленности к внешним условиям, по ним реализуются многочисленные пассажиро- и грузоперевозки [1-12]. Без надежно функционирующей, безопасной и экологически чистой системы автомобильных дорог не осуществимы изменения и организация экономических приоритетов в городах [13-24].

Все автомобильные дороги имеют криволинейные участки – повороты. На участках, где происходит поворот, разбивают кривые различных радиусов.

*Method of calculating of transition curve required for design of roads turns, procedure of its construction in-situ and its impact on ecological safety and reliability are presented. Questions of transition curves construction are considered. Analysis of calculation of trackway broadening is presented. Problems of clothoid application when tracing for organization of smooth slopes and increase of traffic safety level are pulled down. Improvement of operational characteristics of design, construction and operation of roads develops production and economic level of road-construction enterprises, improves quality, reduces cost and improves ecological indexes of road-building materials, raises the effectiveness and ensures road traffic safety.*

**Key words:** roads, virage, constant-radius curve, clothoid, shifted curve, coupled curve, crossing, angle, risk, road-traffic safety.

Во всех случаях для сглаживания перехода от прямолинейного к криволинейному необходимо строить переходную кривую и осуществлять переход от односкатного профиля дороги к двухскатному, который называется «отгон виража».

Трасса автодороги, состоящая из плавно вписывающихся в местность переходных и круговых кривых с незначительными по протяженности прямыми участками между ними, называется клотоидной трассой.

В тех случаях, когда трасса проходит близко к поверхности земли с незначительными перепадами высот рельефа (возвышения и понижения), ее проектируют обертывающим профилем и в этом случае объемы земляных работ будут минимальными.

Когда же трасса удаляется от земной поверхности (резкие и значительные перепады рельефа), ее проектируют секущими линиями и тогда больших объемов земляных работ не избежать.

Непосредственно сами закругления могут состоять:

- из дуг круговых кривых и дуг окружностей с разными радиусами (коробовые кривые);
- из прямых участков с сопряжением с круговой кривой через кривые переменного радиуса (закругления с переходными кривыми);
- из двух переходных кривых (биклотоиды);
- из одной переходной кривой (клотоиды или радиоиды).

В практике автодорожного строительства чаще всего используется клотоида, потому что она по своей форме очень приближается к круговой кривой, которую описывает автомобильный транспорт на поворотах дорог.

Как известно, главными точками любых закруглений считаются:

- начало закругления НЗ и оно же – начало первой переходной кривой НПК1;
- конец первой переходной кривой КПК1 и он же – начало круговой кривой НКК;
- конец второй переходной кривой КПК2 и он же – конец круговой кривой ККК;
- конец закругления КЗ и он же – начало второй переходной кривой НПК2.

Элементы клотоидных кривых закруглений рассчитываются по формуле

$$\rho = \frac{A^2}{S} \text{ или } \rho = \frac{C}{S}, \quad (1)$$

где  $\rho$  - радиус кривизны клотоиды;

$S$  - длина клотоиды;

$C$  - постоянная клотоиды ( $C = A^2$ );

$A$  - параметр клотоиды.

Переходная кривая необходима также для снижения центробежной силы, действующей на автотранспорт на закруглениях. Центробежная сила вычисляется по формуле

$$F = \frac{P}{g} \cdot \frac{v^2}{\rho}, \quad (2)$$

где  $F$  - центробежная сила;

$P$  - вес автотранспорта;

$g$  - ускорение силы тяжести;

$v$  - скорость движения;

$\rho$  - радиус кривизны.

Уравнения клотоиды в прямоугольных координатах определяются из рядов Маклорена и представляются так:

$$\left. \begin{aligned} x &= S \left( 1 - \frac{s^4}{40C^2} + \frac{s^8}{3456C^4} - \dots \right), \\ y &= \frac{s^3}{6C} \left( 1 - \frac{s^4}{56C^2} + \frac{s^8}{1040C^4} - \dots \right). \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

На рис. 1 показана клотоида, на рис. 2 – переходная кривая.

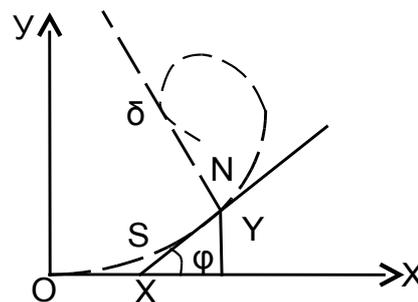


Рис. 1. Клотоида

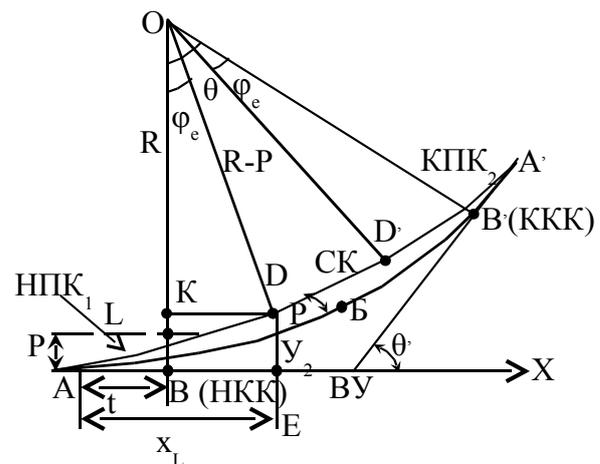


Рис. 2. Переходная кривая

Для определения на местности начала первой переходной кривой НПК1 откладывают от начала круговой кривой НКК отрезок, равный расстоянию между началом переходной кривой и началом несдвинутой круговой кривой, и такое же расстояние откладывают от конца ККК несдвинутой круговой кривой.

Середину несдвинутой круговой кривой находят путем отложения от вершины угла поворота ВУ по направлению биссектрисы величины биссектрисы  $B + p$  ( $p$  – величина сдвижки).

Поскольку переходные кривые рассчитываются, а затем и разбиваются на местности для устройства виража, то он должен быть плавным и безопасным для движения автотранспорта.

Вираз представляет собой односкатный поперечный профиль дорожного полотна с наклоном к центру кривой. Односкатный профиль сохраняется на всем протяжении круговой кривой. Величина сдвижки  $P$  определяется по формуле

$$P = R - \frac{R - \gamma_l}{\cos \gamma}, \quad (4)$$

где  $\gamma_l$  - ордината конца переходной кривой.

Для приближенных расчетов принимают

$$P = \frac{l^2}{24R}. \quad (5)$$

При радиусе кривой менее 700 м, на виражах делают «дополнительное уширение» проезжей части, отвод которого осуществляется также в пределах переходной кривой.

Величина этого уширения в зависимости от полса движения может быть различной.

Проезжая часть уширяется на полную величину в пределах круговой кривой. В пределах переходных кривых уширение постепенно уменьшается и сходит на нет.

В пределах полного уширения (на круговой кривой) внутренняя кромка разбивается по радиусу, который вычисляется по формуле

$$R_k = R - \frac{b}{2} + \Delta b, \quad (6)$$

где  $R$  - радиус закругления;

$b$  - ширина проезжей части;

$\Delta b_0$  - полная величина уширения.

Наиболее просто отвод уширения производится по прямой линии, но в этом случае в начале и в конце отвода кромка проезжей части будет иметь резкие переломы, которые уменьшают безопасность движения и увеличивают риск дорожно-транспортного происшествия. Чтобы избежать этих переломов и иметь кромку очерченной по плавной кривой, необходимо разбивку отвода уширения производить по «радиоиде» или по «многоцентровой кривой».

Применение клотоид при трассировании позволяет создавать плавные трассы, которые есте-

ственным образом вписываются в окружающую местность. Клотоидное трассирование улучшает зрительную плавность, обеспечивает психологическую ясность трассы для водителей, усовершенствует экологические показатели дорожно-строительных материалов и увеличивает степень безопасности движения.

Улучшение эксплуатационных показателей автотранспортных средств, совершенствование процесса проектирования, строительства, эксплуатации автомобильных дорог и инженерных сооружений на них повлияет на повышение производственно-экономических показателей строительно-дорожных предприятий, модернизацию качества объектов и будет способствовать формированию экологических показателей дорожно-строительных материалов.

Сопряжение круговых и переходных кривых приведет к повышению эффективности работы автомобильного транспорта, повлияет на совершенствование системы автоперевозок и обеспечение безопасности движения.

Клотоидное трассирование предопределяет повышение производственно-экономических и организационных показателей работы автотранспортных предприятий, что связано с совершенствованием системы стандартизации и сертификации в автомобильно-дорожном комплексе и, что, в свою очередь, повлияет на научно-техническую помощь организациям и предприятиям.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бальзанников М.И., Родионов М.В., Селивёрстов В.А. Повышение экологической безопасности эксплуатируемых грунтовых гидротехнических сооружений // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2011. Вып. № 1. С. 100-105.
2. Бальзанников М.И., Ахрамева Н.В. Экологические проблемы производства строительных изделий // Природоохранные и гидротехнические сооружения: проблемы строительства, эксплуатации, экологии и подготовки специалистов: материалы Международной НТК. Самара, 2014. С. 100-105.
3. Бальзанников М.И., Евдокимов С.В. Роль энергокомплексов ГАЭС-ВЭС в формировании экологической обстановки // Природоохранные и гидротехнические сооружения: проблемы строительства, эксплуатации, экологии и подготовки специалистов: материалы Международной НТК. Самара, 2014. С. 92-96.
4. Большаков В.Д. Справочное руководство по инженерно-геодезическим работам. М.: Недра, 1980. 784 с.

5. Галицкова Ю.М., Бальзанников М.И., Болотова А.А. Геоэкологические аспекты антропогенного воздействия на окружающую среду при ведении строительства в пределах городской территории // Вестник Волжского регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук: сб. науч. тр. Н.Новгород: ННГАСУ, 2013. Вып.16. С. 132-135.

6. Галицкова Ю.М. Уменьшение загрязнения компонентов окружающей среды при выполнении строительных работ // Природоохранные и гидротехнические сооружения: проблемы строительства, эксплуатации, экологии и подготовки специалистов: материалы международной НТК. Самара, 2014. С. 96-99.

7. Гвоздовский В.И., Евдокимов С.В. Экологическая экспертиза и оценка воздействия на окружающую среду объектов строительства и эксплуатации // Природоохранные и гидротехнические сооружения: проблемы строительства, эксплуатации, экологии и подготовки специалистов: материалы Международной НТК. Самара, 2014.

8. Говердовская Л.Г. Экологические проблемы при строительстве автомобильных дорог // Природоохранные и гидротехнические сооружения: проблемы строительства, эксплуатации, экологии и подготовки специалистов: материалы Международной НТК. Самара, 2014.

9. Давыдов А.Н. Исследование влияния инновационных технологий дорожно-транспортного комплекса на экологическую ситуацию и окружающую среду // Природоохранные и гидротехнические сооружения: проблемы строительства, эксплуатации, экологии и подготовки специалистов: материалы Международной НТК. Самара, 2014.

10. Дормидонтова Т.В., Лычёв А.С. Организация параллельных соединений функции технического обеспечения // Известия вузов. Строительство. 2004. №1.

11. Дормидонтова Т.В., Мальцев А.В. Мониторинг технического состояния строительных объектов // Проектирование и строительство в Сибири. 2010. №2(56).

12. Дормидонтова Т.В., Гареева Л.Х. Исследование экологических проблем в транспортном строительстве с применением метода «Дерева решений» // Природоохранные и гидротехнические сооружения: проблемы строительства, эксплуатации, экологии и подготовки специалистов: материалы Международной НТК. Самара, 2014.

13. Дормидонтова Т.В., Солкарян Н.Г. Влияние показателей транспортных и внетранспортных эффектов на экологическую ситуацию // Природоохранные и гидротехнические сооружения: проблемы строительства, эксплуатации, экологии и подготовки специалистов: материалы Международной НТК. Самара, 2014.

14. Евдокимов С.В., Орлова А.А. Экологическая составляющая влияния энергоустановок на водные объек-

ты // Природоохранные и гидротехнические сооружения: проблемы строительства, эксплуатации, экологии и подготовки специалистов: материалы Международной НТК. Самара, 2014.

15. Мещерякова З.В., Орлова А.А., Карпова В.И. Экологические и инженерно-технические мероприятия на пруду территории подготовки спортивного комплекса // Природоохранные и гидротехнические сооружения: проблемы строительства, эксплуатации, экологии и подготовки специалистов: материалы Международной НТК. Самара, 2014.

16. Орлова А.А., Краснова С.Е. Негативные воздействия на окружающую среду при проведении работ по устройству систем водоснабжения объектов строительства // Природоохранные и гидротехнические сооружения: проблемы строительства, эксплуатации, экологии и подготовки специалистов: материалы Международной НТК. Самара, 2014.

17. Павлова Л.В. Влияние автомобилизации на экологическую ситуацию // Природоохранные и гидротехнические сооружения: проблемы строительства, эксплуатации, экологии и подготовки специалистов: материалы Международной НТК. Самара, 2014.

18. Павлова В.А. Проблемы экологии, связанные со строительством автодорог и использование автотранспорта // Природоохранные и гидротехнические сооружения: проблемы строительства, эксплуатации, экологии и подготовки специалистов: материалы Международной НТК. Самара, 2014.

19. Ключин Е.Б., М.И. Киселев, Д.Ш. Михелев, В.Д. Фельдман. Инженерная геодезия. М.: Высш. шк., 2001. 464 с.

20. Левчук Г.П., Новак В.Е., Конусов В.Г. Прикладная геодезия: Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ. М.:Недра,1981. 438.

21. Маринин Е.И. О состоянии геодезической основы для наблюдений за деформациями инженерных сооружений // Вопросы инженерной геодезии в строительстве: межвузовский сборник научных трудов / СГАСУ. Самара, 2007. С. 57-62.

22. Маринин Е.И. Вероятностно-статистические методы обработки результатов геодезических наблюдений за деформациями сооружений // Вопросы инженерной геодезии в строительстве. Самара, 2013. С. 42-51.

23. Маринин Е.И., Григорашенко И.А., Кузьмин Г.И. Теодолит для задания наклонных плоскостей // Патент № 2160429. 2000.

24. Маринин Е.И. Определение деформацией строительных конструкций по геодезическим данным // Материалы 70-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР 2012 г. / СГАСУ. Самара, 2013. С. 53-55.

© Маринин Е.И., Дормидонтова Т.В., 2014

Об авторах:

**МАРИНИН Евгений Иванович**

кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и геодезического сопровождения строительства Самарский государственный архитектурно-строительный университет  
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194,  
тел. (846) 339-14-61  
E-mail: adisk63@yandex.ru

**MARININ Yevgeniy I.**

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Automobile roads and Geodesic Support of Construction Chair Samara State University of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194, tel. (846) 339-14-61  
E-mail: adisk63@yandex.ru

**ДОРМИДОНТОВА Татьяна Владимировна**

кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой автомобильных дорог и геодезического сопровождения строительства Самарский государственный архитектурно-строительный университет  
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194,  
тел. (846) 339-14-03  
E-mail: adisk63@yandex.ru

**DORMIDONTOVA Tatyana V.**

PhD in Engineering Science, Associate Professor, Head of the Automobile roads and Geodesic Support of Construction Chair Samara State University of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194, tel. (846) 339-14-61  
E-mail: adisk63@yandex.ru

Для цитирования: *Маринин Е.И., Дормидонтова Т.В.* О расчете переходных кривых и их влиянии на экологическую безопасность автомобильных дорог // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2014. Вып. № 4(17). С. 80-83.