

2. Полученный в условиях ОАО «Доломит» активированный минеральный порошок обеспечивает производство асфальтобетонных смесей, удовлетворяющих требованиям СТБ 1033-2004.

3. Предлагается рассмотреть возможность снижения стоимости активирующего вещества за счет уменьшения расхода активатора путем замены части его более дешевыми добавками в процессе производства АМП, что позволит увеличить экономический эффект от применения АМП.

### **Литература**

1. Ковалев, Я.Н. Активационно-технологическая механика дорожного асфальтобетона / Я.Н. Ковалев. – Минск: Вышш. Шк., 1990. – 180 с.

2. Ковалев, Я.Н. Активационные технологии дорожных композиционных материалов: монография. – Минск: Бел.эн., 2002. – 336 с.

3. Дорожный асфальтобетон / под. ред. Л.Б. Гезенцева. – 2-е изд. – Минск: Транспорт, 1985. – 350 с.

4. Порошок минеральный для асфальтобетонных и органо-минеральных смесей. Технические условия: ГОСТ 16557-2005.

5. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия: СТБ 1033-2004.

6. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Методы испытаний: СТБ 1115-2004.

## **ТРАССИРОВАНИЕ САМОПОЯСНЯЮЩИХ И САМОРЕГУЛИРУЮЩИХ ДОРОГ**

**Величко Г.В., канд. техн. наук**

*ООО «Кредо-Диалог»*

*(г. Минск, Республика Беларусь)*

Зависимость безопасности криволинейного движения от большого числа факторов обуславливает необходимость уточнения не только норм минимальных радиусов, но и поиска комплексных решений, снижающих риски закруглений в сложных дорожных условиях. В идеале закономерности внутренней и внешней гармонии зрительно плавных трасс должны информировать водителей об

изменении дорожных условий, а параметры плана, продольного и поперечного профиля дорог должны быть согласованы с проектируемыми режимами движения и инициировать их. Такие дороги определены как *самопоясняющие* и *саморегулирующие*. Анализ клотоид [1] показал, что свойственная им закономерность кривизны не соответствует этим требованиям.

### Требуемые конструктивные и функциональные свойства переходной кривой

Закономерность плавного перехода кривизны от нулевой к максимальной должна быть обусловлена и геометрическими (конструктивными) и функциональными требованиями. Конструктивные требования направлены на соблюдение правил сопряжения достаточно длинных переходных кривых при типичных ограничениях угла  $\beta$  и радиуса  $R$  в большинстве дорожных закруглений. Необходимость существенного увеличения длины  $L$  обосновывается следующим.

Соответствие выбираемых водителями режимов движения реальным функциональным возможностям критических участков трассы формируется на подходах к ним в течение некоторого времени  $t$ . Это время состоит из времени реакции  $t_p$  и времени  $t_{cc}$ , необходимого для безопасного и заблаговременного снижения скорости до въезда на круговую кривую. Расчетное время реакции  $t_p$  водителя оценивается в 2,5–3 с, а время  $t_{cc}$  может достигать 5–15 с. Для изменения режима движения на переходных кривых за время  $t_p+t_{cc}$ , их длины должны быть существенно больше, чем длины применяемых клотоид.

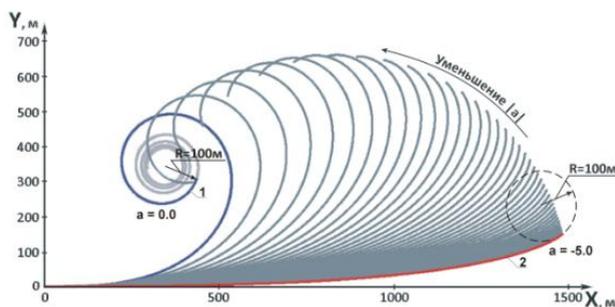


Рис. 1. Сходимость переходных кривых  $L = 1500$  м и  $R = 100$  м от VGV\_Kurve с

$a = -5,0 \text{ м/с}^2$  (кривая 2) к соответствующей  $a = 0,0 \text{ м/с}^2$  клотоиде (кривая 1)

Обоснование закономерности кривизны переходных кривых не при постоянной, а при более критичной для безопасности и удобства движения переменной скорости [2], способствует «разгибанию» спирали Корню и постепенному превращению клотоиды в множество других, более совершенных переходных кривых. Возрастающее по мере улучшения функциональных и конструктивных свойств множество кривых типа *VGK\_Kurve* начинается именно со спирали, т.е. с клотоиды (рис. 1). Аналитически это подтверждается тем, что при постоянной скорости  $v = const$  ( $a = 0 \text{ м/с}^2$ ), скорость нарастания общего ускорения  $J$  обусловлена увеличением только центробежной силы, а кривизна *VGK\_Kurve*  $k_t = \sqrt{Jt(2|a| + Jt)} / (v_0 + at)^2$  превратится в закономерность кривизны клотоиды  $k_t = vt/RL$  или  $k_t = l/RL$  (рис.1, кривая 1).

### Принципы нормирования новых переходных кривых

В комплексе обеспечивающих безопасность решений, значительная роль отводится самопосягающим и саморегулирующим свойствам переходных кривых. При заданном радиусе  $R$  и большой длине  $L$  эти свойства формируются в процессе установления требуемой закономерности кривизны *VGK\_Kurve*. При этом учитывается следующее.

Во-первых, скорость изменения кривизны  $dk/dt$ , функционально значимый максимум которой наблюдается в конце *VGK\_Kurve*, должна соответствовать допустимой скорости нарастания центробежного ускорения  $J_{рас}$ . Фактическую величину этого общепринятого критерия удобства движения  $J_\phi$  на любых переходных кривых следует вычислять с учетом прогнозируемых ускорений  $a_\phi$  по формуле:  $J_\phi = \frac{dk}{dt} v^3 + 2va_\phi k$ , поскольку им более свойственна переменная, чем постоянная скорость движения.

Во-вторых, вычисленной таким образом величины расчетного ускорения  $a_{рас}$  должно быть достаточно для безопасной реализации того фактического ускорения  $a_\phi$ , которое в неблагоприятных погодных условиях может быть обеспечено коэффициентом сцепления  $\phi$ .

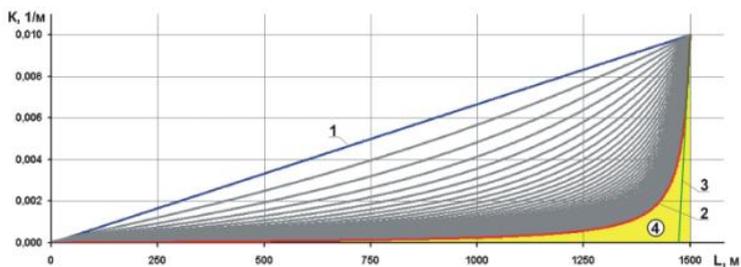


Рис. 2. Варьируемая кривизна множества VGV\_Kurve с  $L = 1500$  м и  $R = 100$  м:

1 – VGV\_Kurve при  $a = 0,0$  м/с<sup>2</sup> (клотоида),

2 – VGV\_Kurve при  $a = -5,0$  м/с<sup>2</sup>,

3 – клотоида с таким же темпом изменения кривизны, как в конце VGV\_Kurve (2),

4 – площадь, эквивалентная углу  $\beta$  (радианы) дуги VGV\_Kurve (2)

В-третьих, угол дуги VGV\_Kurve не должен превышать конструктивно обоснованного предела  $\beta_{max}$ , обычно определяемого как половина угла поворота трассы. Для этого необходимо контролировать величину угла  $\beta = \int_0^L k(l) dl$ .

### Анализ режимов движения на переходной кривой типа VGV\_Kurve

При движении по длинной переходной кривой типа VGV\_Kurve, например, с  $L = 1500$  м и  $R = 100$  м, вполне предсказуемы режимы движения в которых явно выделяются фазы воздействия её самопоясняющих и саморегулирующих свойств. Фаза воздействия самопоясняющих свойств проявляется на достаточно длинной ее части  $L_1 \approx 0,75L$  с  $R \geq 3000$  м, на протяжении которой закономерность кривизны VGV\_Kurve информирует водителя о направлении и тенденции ее увеличения.

Кривизна последующих отрезков участка  $L_2 \approx 0,25L$  с радиусами  $R < 3000$  м оценивается водителями дискретно [4], что вынуждает водителей двигаться с замедлением  $a_\phi \neq 0$ . Каждый из этих отрезков преодолевается водителем за время  $t$ , соизмеримое или превышающее время реакции  $t_p = 1-2,5$  с. Это облегчает выбор соответствующего режима движения и минимизирует ошибки водителей, свойственные этому процессу в дорожных ситуациях с удовлетворительными ( $\varphi = 0,3-0,4$ , чистое мокрое покрытие, числитель) и неблагоприятными ( $\varphi = 0,2$ , снежный накат, знаменатель) условиями движения.

### Общие принципы и примеры конструирования S-ТРАСС <sup>3</sup>

Конструирование S-трасс с кривыми типа *VGV\_Kurve* принципиально отличается от полигонального трассирования. Как правило, в обоснованной полосе варьирования трассы проектировщики намечают обход рельефных и ситуационных препятствий, который трассируется  $n$ -ым числом дуг круговых кривых (дуги окружностей  $O_i$  и  $O_{i+1}$  на рис. 3), сопрягаемых переходными кривыми *VGV\_Kurve*. Альтернативные трассы определяются новыми параметрами и местоположением множества новых дуг  $O_1, \dots, O_n$ .

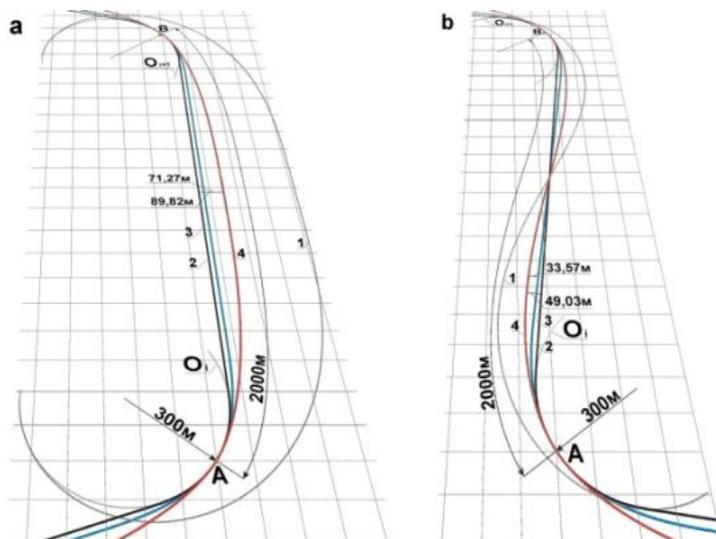


Рис. 3. Варианты (1, 2, 3, 4) конструирования С-образного (а) и S-образного (б)

сопряжений не полигональных трасс:

- 1 – неосуществимое с клотоидами сопряжение без прямой вставки,
- 2 – сопряжение с клотоидами нормативной длины,

---

<sup>3</sup> Предлагаемый термин «S-трасса» классифицирует трассы, самопоясняющие и саморегулирующие свойства которых обеспечены конструктивными и функциональными характеристиками переходных кривых типа *VGV\_Kurve*.

- 3 – сопряжение с клотоидами максимально возможной длины,
- 4 – опряжение с кривыми типа *VGV\_Kurve* без прямой вставки

Примеры проекций фрагментов таких *S*-трасс иллюстрируют существенное отличие *C*- и *S*-образных сопряжений от их аналогов в традиционных и «клотидных» трассах (рис. 3). К функциональным преимуществам *S*-трасс, которые обусловлены принципами нормирования *VGV\_Kurve* и комплексным проектированием закруглений со значительно усиленными свойствами самопояснения и саморегулирования, следует отнести также и то, что их непрерывная криволинейность:

- улучшает согласование пространственной трассы с рельефом местности;
- улучшает обзор дорожной ситуации и облегчает оценку дистанций и скоростей движения всем водителям (а не только лидеру колонны);
- уменьшает степень ослепления светом фар встречных автомобилей в ночное время;
- устраняет усыпляющую монотонность движения;
- способствует плавному изменению режимов и скорости движения;
- повышает зрительную плавность трасс.

Достижение этих преимуществ не требует значительного удлинения *S*-трасс. По сравнению с рассматриваемыми традиционными и «клотидными» аналогами, относительное удлинение *C*- и *S*-образных сопряжений не превышает 1–1,5 %.

### Литература

1. Величко, Г.В. Современные методы проектирования клотидных кривых / Г.В. Величко // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2009. – № 4.
2. Величко, Г.В. Развитие методологии нормирования и проектирования переходных кривых переменной скорости движения / Г.В. Величко // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2008. – № 4.
3. Лобанов, Е.М. Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя / Е.М. Лобанов. – Минск: Транспорт, 1980.