

DOI: 10.34031/2071-7318-2022-8-2-67-76

**Бобнева А.Н.**

АО «Петербургские дороги»

E-mail: bobneva@mail.ru

## СТРАТЕГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЪЕЗДОВ ТРАНСПОРТНЫХ РАЗВЯЗОК В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

**Аннотация.** В условиях непрерывно растущей интенсивности движения на городских магистралях, поиск пути решения по устройству транспортных развязок на плотно застроенных городских территориях определяет актуальность данного исследования. Действующие в настоящее время в Российской Федерации нормативные документы значительно ограничивают минимальные значения расчетной скорости  $v$ , как следствие, значения радиусов кривых в плане на съездах транспортных развязок. Установление данных параметров ведет к необходимости отказа от реализации части направлений или устройству дополнительных светофорных объектов. В настоящем исследовании были изучены и проанализированы отечественная и зарубежная нормативная документация и материалы научных статей, а также выполнены расчеты минимальных радиусов кривых в плане для съездов и величины уширений полос движения. Результатом исследования стали предварительные выводы о возможности, при соблюдении ряда условий, снизить минимальную расчетную скорость на левоповоротных петлевых съездах. Была определена стратегия по изменению параметров съездов транспортных развязок с учетом комплексного подхода с переоценкой коэффициентов поперечной силы, длин переходно-скоростных полос и ряда иных параметров для обеспечения безопасности дорожного движения на транспортных развязках в плотно застроенной городской территории.

**Ключевые слова:** клеверный лист, левоповоротный петлевой съезд, расчетная скорость на съезде, уширение на кривой, коэффициент поперечной силы, полоса разгона, полоса торможения.

**Введение.** Необходимость организации двухуровневых пересечений появилась при возникновении идеи строительства скоростных автомобильных дорог между отдельными городами. Пересечения в одном уровне в таком случае было бы неприемлемо, снижая скорость преодоления пересечения и увеличивая время в пути [1]. В самом начале пути в Соединенных Штатах

Америки был создан проект двухуровневого пересечения, запатентованный в 1912 году и получивший название «клеверный лист». Реализован первый «клеверный лист» был 16 лет спустя в 1928 году в городе Вудбридже, штата Нью Джерси, США (рис. 1) [2, 3].

В 1941 году на магистрали Пасадена в Лос-Анжелесе было построено первое двухуровневое пересечение по типу «ромб» (рис. 2) [2].

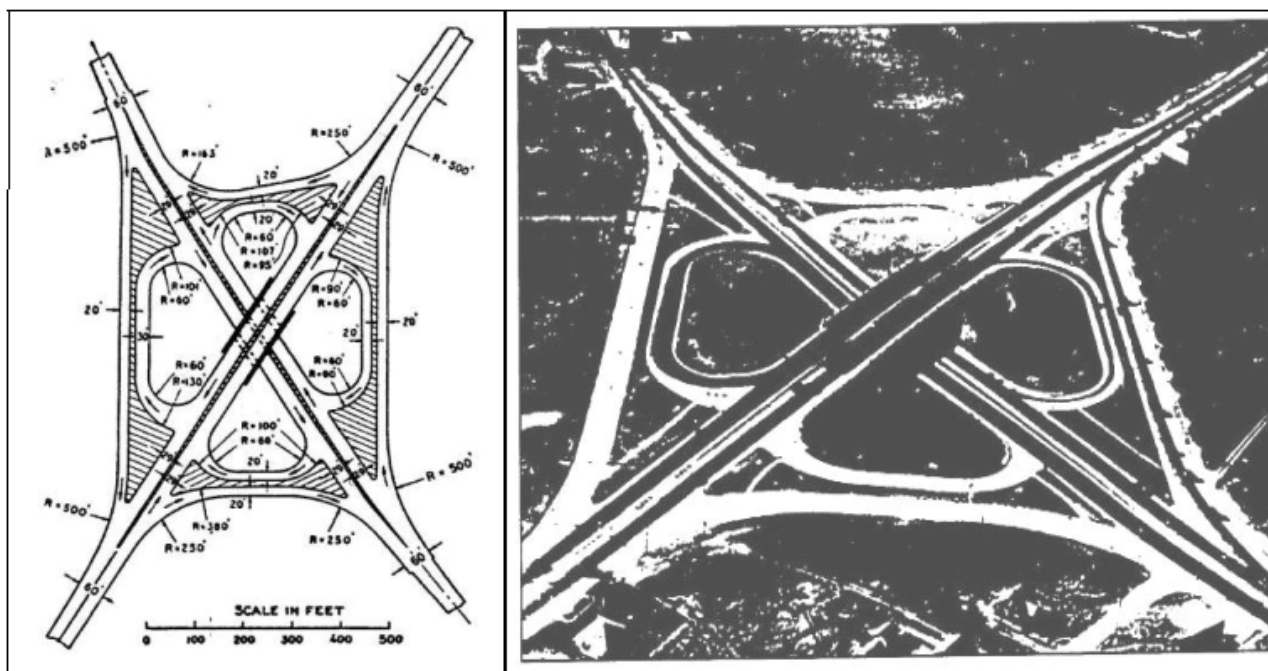


Рис. 1. Чертеж патента США (1912) и первый «клеверный лист» (1928) [2]



Рис. 2. Первая транспортная развязка «ромб», 1941 [2]

Вариации транспортных развязок по типу «клеверный лист» и «ромб» стали основными при выборе способа двухуровневого пересечения в городских условиях.

Устройство ромбовидного пересечения не всегда способно охватить все требуемые к реализации направления движения, кроме того, организация левоповоротного движения со светофорным регулированием на второстепенной дороге также зачастую не позволяет решить транспортные проблемы. Частично вопрос уменьшения

конфликтных точек решается путем устройства ромбовидного пересечения с изменением сторон движения, предложенное Гилбертом Члевецки в 2003 году (рис. 3) [4, 5]. Данная вариация развязки, согласно исследованиям, является самым безопасным типом пересечения в двух уровнях [6, 7]. Однако, еще не применялась в России и требует комплексного подхода по ее внедрению, в том числе затраты на информирование и обучение водителей.



Рис. 3. Ромбовидное пересечение с изменением сторон движения [4]

При таких исходных данных классический «клеверный лист» – тот искомый исторический и экономически выгодный вариант решения. В том случае, если это касается вновь застраиваемых городских территорий и территорий, где предполагается возможность отчуждения земельных участков под нужды транспортной инфраструктуры.

Другой вариант, когда развязывание городских магистралей происходит на плотно застроенной городской территории. Такие ограничения как набережные рек и каналов, железнодорожные ветки, выявленные объекты культурного наследия, только отстроенные жилые кварталы и другие не менее значимые причины, критически уменьшают площадь, отводимую по транспортную развязку. Такие условия приводят к поиску

минимально возможных параметров, при которых развязку по типу «клеверный лист» удастся реализовать. Такую возможность имеет обжатый тип «клеверного листа», описанный в ранее действующих документах п. 9.3.4. «Рекомендаций по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах» [8] и п. 7.3.10 «Указаний по

обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах» [9], в которых обжатый левоповоротный съезд является сочетанием прямой вставки и двух кривых малых радиусов с углами поворота  $180^\circ$  и  $90^\circ$  (рис. 4).

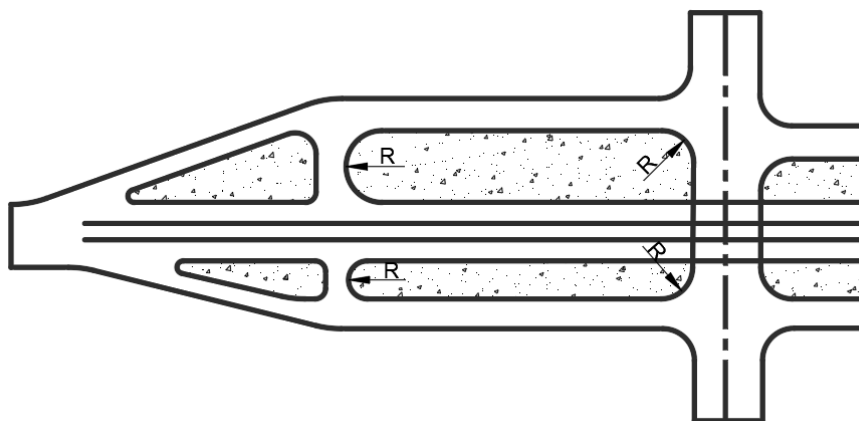


Рис. 4. Схема развязки обжатый «клеверный лист» [9]

Данный тип развязки также описан в действующих ранее «Рекомендациях по проектированию улиц и дорог городов и сельских поселений» [10]. Подобная схема была названа «сплюснутый клеверный лист» и позволяла устройство левоповоротного съезда с радиусом от 8 м в особо сложных условиях.

Действующие в Российской Федерации нормативные документы, строго определяя расчетную скорость на петлевом левоповоротном съезде транспортной развязки, значительно ограничили возможность применения данного типа развязки в условиях плотной городской застройки.

СП 396.1325800.2018 «Улицы и дороги населенных пунктов. Правила градостроительного проектирования» п. 5.9.21 табл. 5.18 ограничивает минимальную расчетную скорость на левоповоротных петлевых съездах до 40 км/ч и 30 км/ч в зависимости от отсутствия/наличия конфликтных точек соответственно. Следующий за ним п. 5.9.21а указывает, что минимальные радиусы кривых в плане определяют расчетом в зависимости от указанной расчетной скорости по приложению Ж.1, а также допускается принимать минимальный радиус кривых в плане по табл. 5.5. Согласно табл. 5.5 минимальный радиус кривой в плане при расчетной скорости 40 км/ч – от 60 м до 90 м в зависимости от уклона виража, при расчетной скорости 30 км/ч – от 30 м до 50 м в аналогичной зависимости. Расчеты по формуле из приложения Ж.1 для данной расчетной скорости соответствуют табличным.

Обновленные «Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах» [11] также ограничили минимальный радиус левоповоротного съезда до 30 м.

Ширина коридора для устройства транспортной развязки при таких параметрах левоповоротного съезда зачастую намного превышает ту ширину, которая оказывается доступной в плотной городской застройке.

Когда мы говорим о транспортной развязке типа «клеверный лист» в разрезе увеличения скорости движения и пропускной способности на загородных автомобильных дорогах, мы говорим об увеличении радиусов съездов, но, когда речь идет о необходимости иметь возможность реализовать необходимое направление движение в условиях плотной городской застройки требуется расширение возможностей проектировщика для понижения расчетной скорости движения на съезде.

Отсутствие в нормативной документации возможности понижать расчетную скорость на левоповоротных съездах транспортной развязки ведет к необходимости либо отказа от реализации части направлений, что негативно сказывается на выполнении транспортной развязкой своих функций в городских условиях, либо к устройству дополнительного светофорного объекта, что может привести к уменьшению пропускной способности городской магистрали.

Целью данного исследования является разработка стратегии и поиск возможных решений по оптимизации размера территории, требуемой для устройства транспортной развязки, с внесением

необходимых изменений в градостроительную нормативную документацию.

*Объектом исследования* является нормативная документация, действующая на данный момент в сфере градостроительного проектирования. *Предметом исследования* выступают расчетные параметры, утвержденные для проектирования съездов транспортных развязок в условиях плотной городской застройки.

Основными задачами исследования являются:

- определение минимальных радиусов кривых в плане для транспортной развязки по типу обжатый «клеверный лист» с поэтапным снижением расчетной скорости до выявления оптимального значения;
- вычисление величин уширения полос движения для наиболее характерных видов городского транспорта;
- выявление иных положений нормативной документации, оказывающих влияние на обеспечение безопасности движения и требующих дополнительного исследования и регулирования при изменении расчетных параметров на съездах транспортных развязок.

**Материалы и методы.** В ходе исследования были изучены и проанализированы материалы отечественной и зарубежной нормативной документации, а также научные исследования по вопросу возможности уменьшения требуемой расчетной скорости на петлевых съездах с целью уменьшения радиуса горизонтальной кривой в плане. Были проведены аналогии применительно к местным нормам и требованиям и выполнен расчет необходимых показателей.

**Основная часть.** В ходе поиска возможности обоснования снижения расчетной скорости на левоповоротных съездах было проведено исследование зарубежной нормативной документации AASHTO «A Policy on Geometric Design of Highways and Streets», США [12], а также справочника «Ramp Management and Control», США [13].

П. 10.9.6.2.1 [12] содержит рекомендации по соотношению расчетной скорости на магистрали и съездах (см. табл. 1), а также говорит, что значения расчетной скорости следует принимать не менее данных в таблице, за исключением, где указано иное в обсуждениях ниже.

Таблица 1

**Руководящие значения по выбору расчетной скорости съездов по отношению к расчетной скорости на магистрали [12]**

Метрическая система									
Расчетная скорость на автомагистрали (км/ч)	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Расчетная скорость на съезде (км/ч)									
Наибольшее значение (85 %)	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Среднее значение (70 %)	30	40	50	60	60	70	80	90	100
Наименьшее значение (50 %)	20	30	40	40	50	50	60	70	80
Соответствующий минимальный радиус (м)	см. таблицу 3–7 [12]								

В обсуждениях ниже, в п. 10.9.6.2.4 [12] сказано, что минимальные значения петлевых съездов обычно устанавливаются для магистралей с расчетной скоростью более 80 км/ч и расчетная скорость предпочтительно должна быть не менее 30 км/ч. Из чего следует, что строгого ограничения по минимальной расчетной скорости на петлевых съездах в данном нормативе не определено.

Задаваясь целью определить минимально допустимые значения радиусов левоповоротных петлевых съездов в зависимости от расчетной скорости были получены следующие данные (табл. 3) согласно формуле (1) [14]:

$$R_{min} = \frac{V_{расч}^2}{127(\mu \pm i_n)}, \quad (1)$$

где,  $R_{min}$  – минимальный радиус кривой в плане, м;  $V_{расч}$  – расчетная скорость, км/ч;  $\mu$  – коэффициент поперечной силы;  $i_n$  – поперечный уклон проезжей части, доли.

Минимальные коэффициенты поперечной силы, принятые для расчета из табл. Ж.1 СП 396.1325800.2018 «Улицы и дороги населенных пунктов. Правила градостроительного проектирования» (табл. 2) подтверждаются исследованиями, проведенными Департаментом Транспорта США [15]. Однако, данные коэффициенты были установлены в 1940-х годах и требуют пересмотра для более эффективного учета текущего парка транспортных средств, о чем говорится в исследовании [16]. Для текущего исследования принимаются значения из действующей нормативной документации.

Учитывая, полученные данные, определяем величину уширения полосы движения (табл. 5) согласно формуле (2) СП 396.1325800.2018 «Улицы и дороги населенных пунктов. Правила градостроительного проектирования» для поперечного уклона проезжей части (виража) 0,03 (30 ‰):

$$\Delta = \frac{L^2}{2R}, \quad (2)$$

где,  $\Delta$  – величина уширения, м;  $L$  – длина расчетного транспортного средства от переднего бампера до задней оси, м;  $R$  – радиус кривой в плане, м.

Таблица 2

**Расчетные значения коэффициентов поперечной силы (табл. Ж.1 СП 396.1325800.2018)**

Расчетная скорость, км/ч	Коэффициент поперечной силы $\mu$
130	0,09
120	0,09
100	0,12
80	0,14
60	0,15
50	0,16
40	0,17
30 и менее	0,18

Примечание: Промежуточные значения коэффициентов поперечной силы следует определять интерполяцией.

Таблица 3

**Значения минимальных радиусов кривых в плане в зависимости от расчетной скорости и поперечного уклона проезжей части**

0,02	0,03	0,04	$i_n$ / $v_{расч}$
66,31	62,99	59,99	40
49,46	47,05	44,86	35
35,43	33,75	32,21	30
24,61	23,43	22,37	25
15,75	15,00	14,32	20
8,86	8,44	8,05	15

Основные параметры расчетных транспортных средств приняты согласно табл. Е.1 СП 396.1325800.2018 «Улицы и дороги населенных пунктов. Правила градостроительного проектирования» (табл. 4).

Таблица 4

**Расчетные транспортные средства (табл. Е.1 СП 396.1325800.2018)**

Тип расчетного транспортного средства	Обозначение	База/расстояния между осями, м	Размеры, м			
			общие		свес	
			длина	ширина	передний	задний
Легковой автомобиль	Л	2,90	4,90	1,90	0,90	1,10
Автобус	А	6,90/1,30	15,0	2,50	2,60	4,20
Городской автобус	А <sub>г</sub>	6,20	12,0	2,50	2,75	3,05
Сочлененный автобус	А <sub>с</sub>	5,96/6,05	18,4	2,55	2,68	-
Грузовой автомобиль	Г	5,70/1,40	12,0	2,50	1,50	3,70
Автопоезд	А16	3,80/5,69/1,33/1,33	16,50	2,50	1,43	2,98
Автопоезд	А20	5,70/1,40/6,20/4,30	19,80	2,50	1,50	0,70

Расчет производился для автобуса (А), городского автобуса (А<sub>г</sub>), грузового автомобиля (Г). Оценка величины уширения транспортных средств с шарнирными соединениями, такие как

сочлененный автобус и автопоезда должна производиться с помощью моделирования траекторий движения в специализированных программных продуктах [1717].

Таблица 5

**Величина уширения полосы движения в зависимости от длины расчетного транспортного средства и радиуса кривой в плане**

Автобус (А), $L=10,80$	Городской автобус (А <sub>г</sub> ), $L=8,95$	Грузовой автомобиль (Г), $L=8,30$	$R$ ( $i_n = 0,03$ )
0,93	0,64	0,55	62,99
1,24	0,85	0,73	47,05
1,73	1,19	1,02	33,75
2,49	1,71	1,47	23,43
3,89	2,67	2,30	15,00
6,91	4,75	4,08	8,44

Уменьшение радиуса кривой в плане и снижение расчетной скорости требует оценки возможности транспортного средства изменить скорость движения на автомобильной дороге до тре-

буемого значения. Для этого необходимо определить достаточность длины полос торможения и разгона на подходах к кривым уменьшенного радиуса.

Данные табл. 5.14 п. 5.9.10 СП 396.1325800.2018 «Улицы и дороги населенных пунктов. Правила градостроительного проектирования» не отражают зависимости от расчетных

скоростей на основной дороге и съезде и видятся недостаточными для принятия решения о необходимых длинах переходно-скоростных полос (табл. 6).

Таблица 6

Длина переходно-скоростных полос (табл. 5.14 СП 396.1325800.2018)

Элемент переходно-скоростной полосы	Длина, м, при расчетной скорости движения основного направления	
	Магистральные дороги	Магистральные улицы непрерывного движения
Отгон $L_o$	60	30
Длина переходно-скоростной полосы $L_t, L_p$	190	120

В нормативной документации AASHTO [12] определены значения переходно-скоростных полос разгона и торможения, учитывая скорость основного направления и расчетную скорость на

съезде. В табл. 7 и табл. 8 приведены данные значения соответственно.

Таблица 7

Минимальная длина полос разгона при уклоне менее 3 процентов [12]

Метрическая система									
Длина полосы разгона, $L_a$ (м) для расчетной скорости на съезде, $V'$ (км/ч)									
Автомостраль		Условие остановки	20	30	40	50	60	70	80
Расчетная скорость, $V$ (км/ч)	Скорость слияния, $V_a$ (км/ч)	Средняя скорость движения (т.е., начальная скорость) на съезде, $V'_a$ (км/ч)							
		0	20	28	35	42	51	63	70
50	37	60	50	30	–	–	–	–	–
60	45	95	80	65	45	–	–	–	–
70	53	150	130	110	90	65	–	–	–
80	60	200	180	165	145	115	65	–	–
90	67	260	245	225	205	175	125	35	–
100	74	345	325	305	285	255	205	110	40
110	81	430	410	390	370	340	290	200	125
120	88	545	530	515	490	460	410	325	245
130	92	610	580	550	530	520	500	375	300

где,  $V$  – расчетная скорость магистрали (км/ч);  $V_a$  – скорость слияния (км/ч);  $V'$  – расчетная скорость на съезде (км/ч);  $V'_a$  – средняя скорость (начальная скорость) на съезде (км/ч);  $L_a$  – длина полосы разгона (м).

Таблица 8

Минимальная длина полос торможения при уклоне менее 3 процентов [12]

Метрическая система									
Длина полосы торможения, $L_a$ (м) для расчетной скорости на съезде, $V'$ (км/ч)									
Расчетная скорость автомагистрали, $V$ (км/ч)	Скорость разделения, $V_a$ (км/ч)	Условие остановки	20	30	40	50	60	70	80
		Средняя скорость движения на съезде, $V'_a$ (км/ч)							
		0	20	28	35	42	51	63	70
50	47	75	70	60	45	–	–	–	–
60	55	95	90	80	65	55	–	–	–
70	63	110	105	95	85	70	55	–	–
80	70	130	125	115	100	90	80	55	–
90	77	145	140	135	120	110	100	75	60
100	85	170	165	155	145	135	120	100	85
110	91	180	180	170	160	150	140	120	105
120	98	200	195	185	175	170	155	140	120
130	103	215	210	205	195	185	170	155	135

где,  $V$  – расчетная скорость магистрали (км/ч);  $V_a$  – средняя скорость на магистрали (скорость разделения) (км/ч);  $V'$  – расчетная скорость на съезде (км/ч);  $V'_a$  – средняя скорость на съезде (км/ч);  $L_a$  – длина полосы торможения (м).

В исследовании по расчету параметров переходо-скоростных полос [18], автор, обозначая что вышеприведенные данные получены эмпирически, предлагает аналитический метод расчета длин переходо-скоростных полос с учетом времени на поиск подходящего интервала на участке задержки, коэффициентов скорости автомобилей на основной дороге и съезде, дорожных условий. Данный метод позволяет определять длины переходо-скоростных полос при детальном проектировании.

В вопросе определения минимального возможного радиуса горизонтальной кривой на съезде следует также учитывать не только понятие расчетной скорости, но и понимание того, как водители выбирают фактическую скорость. В исследованиях [19, 20] определены представления об ожиданиях водителей в отношении кривых на съездах, которые непосредственно влияют на выбор скорости движения. Среди них, видимость элементов обустройства во взаимосвязи с проектируемой кривой, например, линиями деревьев, ограждений и прочее, что может указывать на понимание водителем траектории, угол обзора, количество полос движения и другие. Исследования факторов, по которым водитель принимает решение о необходимой фактической скорости и их учет при комплексном планировании будущей транспортной развязки, также является одним из базовых моментов при проектировании кривых малого радиуса на съездах.

**Выводы.** По результатам проведенного исследования и выполненных расчетов можно сделать предварительные выводы о возможности, при соблюдении ряда условий, снизить минимальную расчетную скорость на левоповоротных петлевых съездах до 20 км/ч. При данных значениях расчетной скорости, радиус кривой может быть принят 14,32 м при уклоне проезжей части (виража) 40 %, 15,00 м при уклоне проезжей части (виража) 30 %, 15,75 м при уклоне проезжей части (виража) 20 %. При данных значениях радиусов кривых требуемые уширения полосы движения, при сохранении возможности движения городских автобусов и грузовых автомобилей, не превышает оптимальных значений, которые сохраняют целесообразность уменьшения радиуса кривой в плане.

Для возможности реализации данных решений на практике, в настоящее время требуется вносить изменения в действующую нормативную документацию СП 396.1325800.2018 «Улицы и дороги населенных пунктов. Правила градостроительного проектирования». Для всесторонней оценки возможных изменений требуется проведение дополнительных исследований

в части определения необходимости актуализации и переоценки коэффициентов поперечной силы, оценки уширений на кривых малого радиуса для сочлененных транспортных средств, определения длин переходо-скоростных полос в зависимости от параметров и условий движения и расчетных скоростей на основной дороге и съездах, а также определение необходимых мероприятий для правильной оценки водителем требуемой фактической скорости на съезде.

Внесение изменений в СП 396.1325800.2018 «Улицы и дороги населенных пунктов. Правила градостроительного проектирования» в части минимальных параметров съездов транспортных развязок в плотно застроенной городской территории требует комплексного подхода для сохранения безопасности дорожного движения и возможности учитывать ограниченное пространство современных городов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузнецова А.П. Генеалогия современных транспортных развязок // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2017. № 1(8). С. 84–92. doi: 10.17273/CADGIS.2017.1.12
2. Joel P.L. Evolution of Interchange Design in North America // Presentation at the Geometric Design-Learning from the Past Session of the 2014 Conference of the Transportation Association of Canada. 2020. No. 5. Pp. 211–216.
3. Joel P. L. Freeway and Interchange Design: A Historical Perspective // Transportation Research Board. 1993. No. 8. Pp. 60–68.
4. Логинова О.А. Альтернативные решения пересечений в разных уровнях // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2017. № 3(41). С. 244–250.
5. Schroeder B., Cunningham C., Ray B., Daleiden A., Jenior P. Diverging diamond interchange informational guide. U.S. department of transportation // Federal highway administration office of safety, August 2014. 226 p.
6. Логинова О.А., Николаева Р.В. Пересечения в разных уровнях – альтернативное решение развития дорожной сети // Техника и технология транспорта. 2019. No. S13. С. 61.
7. Tagar S., Srinivas S. Pulugurtha S.S. Predictor variables influencing merging speed change lane crash risk by interchange type in urban areas. // Transportation Research Interdisciplinary Perspectives. 2021. Vol. 10. 100375. doi: 10.1016/j.trip.2021.100375
8. Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах // Росавтодор. М.: ГП "Информавтодор", 2002. 158 с.

9. Указания по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах // Минавтодор РСФСР. М.: ГУП ЦПП, 1999. 183 с.

10. Рекомендации по проектированию улиц и дорог городов и сельских поселений // Минстрой России. М.: ЦНИИП градостроительства, 1994. 86 с.

11. Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах // Росавтодор. М.: ФГУП "Информавтодор", 2011. 269 с.

12. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets // The American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO Green Book, Washington DC. 2018. 1048 p.

13. Jacobson L., Stribiak J., Nelson L., Sallman D. Ramp Management and Control Handbook, FHWA-HOP-06-001. Federal Highway Administration // U.S. Department of Transportation, Washington, DC, January 2006. 342 Pp.

14. Бобков В.Ф., Андреев О.В. Проектирование автомобильных дорог: в 2 ч. Ч.1 2-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1987. 368 с.

15. MacAdam C.C., Fancher P.S., Segal L. Side Friction for Superelevation on Horizontal Curves,

FHWA-RD-86-024. Federal Highway Administration // U.S. Department of Transportation, Washington, DC, August 1985. 211 Pp.

16. Donnell E., Wood J., Himes S., Torbic D. Use of Side Friction in Horizontal Curve Design: A Margin of Safety Assessment. Transportation Research Record. [Bokovoe trenie dlya uskoreniya na gorizontalnyh krivyh, FHWA-RD-86-024. 2020. No. 2588(1). Pp. 61–70. doi:10.3141/2588-07

17. Косцов А.В. Обоснование ширины полос движения однополосных съездов транспортных развязок // Транспортное строительство. 2018. № 3. С. 12–14.

18. Маркуц В.М. Расчет параметров переходно-скоростных полос в зоне въезда на автомагистраль // Успехи современного естествознания. 2014. № 1. С. 52–59.

19. Vos J., Farah H., Hagenzieker M. How do dutch drivers perceive horizontal curves on freeway interchanges and which cues influence their speed choice? // IATSS Research. 2021. Vol. 45. Issue 2. Pp. 258–266. DOI:10.1016/j.iatssr.2020.11.004

20. Farah H., Beinum A., Daamen W. Empirical Speed Behavior on Horizontal Ramp Curves in Interchanges in the Netherlands. // Transportation Research Record. 2017. 2618(1). Pp. 38–47. DOI:10.3141/2618-04

*Информация об авторах*

**Бобнева Алена Николаевна**, руководитель проекта. e-mail: bobneva@mail.ru. АО «Петербургские дороги», г. Санкт-Петербург, 192236, Софийская улица, дом 6, корпус 8, строение 1

*Поступила 10.11.2022 г.*

© Бобнева А.Н., 2023

***Bobneva A.N.***

*JSC "Petersburg Roads"*

*E-mail: bobneva@mail.ru*

## STRATEGY FOR RAMP DESIGN ON TRANSPORT INTERCHANGES IN DENSELY BUILT-UP URBAN AREAS

**Abstract.** *The relevance of the research is defined by necessity to find a way of designing transport interchanges in densely built-up urban areas in the conditions of the constantly growing volume of traffic on urban highways. Current Russian regulations in road design industry significantly limit the minimum values of ramp design speed and as a consequence the minimum values of curve radii for loop ramp on transport interchanges. Setting of such values lead to abandon the number of ramps and to add some traffic lights. In this research, local and foreign regulations and scholarly articles are studied and analyzed. The required calculations of minimum values of curve radii for loop ramp and the values of curve widening are also performed. The main result of research is preliminary conclusions of the possibility to decrease the minimum value of ramp design speed, subject to certain conditions. The strategy for changing limit values on transport interchanges is created in consideration of multifaceted approach with the reevaluation of the side friction factors, length of acceleration and deceleration lanes and a number of other parameters to ensure the road safety in densely built-up urban areas.*

**Keywords:** *cloverleaf, loop ramp, ramp design speed, curve widening, side friction, acceleration lane, deceleration lane.*



## REFERENCES

1. Kuznetsova A.P. Genealogy of modern transport interchanges [Genealogiya sovremennykh transportnykh razvyazok]. CAD and GIS of highways. 2017. 1(8). Pp. 84–92. (rus) doi: 10.17273/CADGIS.2017.1.12
2. Joel P.L. Evolution of Interchange Design in North America [Evoluciya dizajna razvyazki v Severnoj Amerike]. Presentation at the Geometric Design-Learning from the Past Session of the 2014 Conference of the Transportation Association of Canada. 2020. No.5. Pp. 211–216. (rus)
3. Joel P.L. Freeway and Interchange Design: A Historical Perspective [Proektirovanie avtostrad i razvyazok: istoricheskaya perspektiva]. Transportation Research Board. 1993. No. 8. Pp. 60–68. (rus)
4. Loginova O.A. Alternative solutions of intersections at different levels [Al'ternativnye resheniya peresechenij v raznyh urovnyakh]. Izvestiya Kazan State University of Architecture and Civil Engineering. 2017. No 3(41). Pp. 244–250. (rus)
5. Schroeder B., Cunningham C., Ray B., Daleiden A., Jenior P. Diverging diamond interchange informational guide. U.S. department of transportation. [Informacionnoe rukovodstvo po obmenu raskhodyashchimisya almazami]. Federal highway administration office of safety, August 2014. 226 p. (rus)
6. Loginova O.A., Nikolaeva R.V. Intersections at different levels - an alternative solution for the development of the road network [Peresecheniya v raznykh urovnyakh – al'ternativnoe reshenie razvitiya dorozhnoy seti]. Tekhnika i tekhnologiya transporta. 2019. No. S13. P. 61. (rus)
7. Tagar S., Srinivas S., Pulugurtha S.S. Predictor variables influencing merging speed change lane crash risk by interchange type in urban areas [Peremennye-prediktory, vliyayushchie na risk avarii pri perestroenii pri smene polosy dvizheniya v zavisimosti ot tipa razvyazki v gorodskikh rayonakh]. Transportation Research Interdisciplinary Perspectives. 2021. Vol. 10. 100375. doi: 10.1016/j.trip.2021.100375
8. Recommendations for ensuring traffic safety on highways [Rekomendatsii po obespecheniyu bezopasnosti dvizheniya na avtomobil'nykh dorogah]. Rosavtodor. M.: GP "Informavtodor", 2002. 158 p. (rus)
9. Instructions for ensuring traffic safety on highways [Ukazaniya po obespecheniyu bezopasnosti dvizheniya na avtomobil'nykh dorogakh]. Minavtodor RSFSR. M.: GUP TsPP, 1999. 183 p. (rus)
10. Recommendations for the design of streets and roads of cities and rural settlements [Rekomendatsii po proektirovaniyu ulits i dorog gorodov i sel'skikh poseleniy]. Minstroy Rossii. M.: TsNIIP gradostroitel'stva, 1994. 86 p. (rus)
11. Recommendations for ensuring traffic safety on highways [Rekomendatsii po obespecheniyu bezopasnosti dvizheniya na avtomobil'nykh dorogakh]. Rosavtodor. M.: FGUP "Informavtodor", 2011. 269 p. (rus)
12. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets [Politika po geometricheskomu dizajnu avtomobil'nykh dorog i ulic]. The American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO Green Book, Washington DC. 2018. 1048 p. (rus)
13. Jacobson L., Stribiak J., Nelson L., Sallman D. Ramp Management and Control Handbook, FHWA-HOP-06-001. Federal Highway Administration [Rukovodstvo po upravleniyu rampoj i kontrolyu za nej, FHWA-HOP-06-001. Federal'noe upravlenie avtomobil'nykh dorog]. U.S. Department of Transportation, Washington, DC, January 2006. 342 p. (rus)
14. Bobkov V.F., Andreev O.V. Designing of highways: in 2 hours of the 1st [proektirovanie avtomobil'nykh dorog] 2nd ed., reprint. and additional M.: Transport, 1987. 368 p. (rus)
15. MacAdam C.C., Fancher P.S., Segal L. Side Friction for Superelevation on Horizontal Curves, FHWA-RD-86-024. Federal Highway Administration [Bokovoe trenie dlya uskoreniya na gorizont'al'nykh krivykh, FHWA-RD-86-024. Federal'noe upravlenie avtomobil'nykh dorog, Ministerstvo transporta SSHA]. U.S. Department of Transportation, Washington, DC, August 1985. 211 p. (rus)
16. Donnell E., Wood J., Himes S., Torbic D. Use of Side Friction in Horizontal Curve Design: A Margin of Safety Assessment. Transportation Research Record. [Bokovoe trenie dlya uskoreniya na gorizont'al'nykh krivykh, FHWA-RD-86-024. [Federal'noe upravlenie avtomobil'nykh dorog, Ministerstvo transporta SSHA] 2020. No. 2588(1). Pp. 61–70. doi: 10.3141/2588-07 (rus)
17. Kostsov A.V. Justification of the width of traffic lanes of single-lane exits of transport interchanges [Obosnovanie shiriny polos dvizheniya odnopolosnykh s"ezdov transportnykh razvyazok]. Transport construction. 2018. No. 3. Pp. 12–14. (rus)
18. Markuts V.M. Calculation of the parameters of transitional high-speed lanes in the zone of entry to the motorway [Raschet parametrov perekhodnoskorostnykh polos v zone v"ezda na avtomagistral']. Successes of modern natural science. 2014. No. 1. Pp. 52–59. (rus)
19. Vos J., Farah H., Hagenzieker M. How do dutch drivers perceive horizontal curves on freeway interchanges and which cues influence their speed choice? [Kak gollandskie voditeli vosprinimayut gorizont'al'nyuyu krivuyu na razvyazke avtostrady i

что влияет на их выбор скорости?]. IATSS Research. 2021. Vol. 45. Issue 2. Pp. 258–266. DOI:10.1016/j.iatssr.2020.11.004 (rus)

20. Farah H., Beinum A., Daamen W. Empirical Speed Behavior on Horizontal Ramp Curves in Interchanges in the Netherlands. [Empiricheskoe

povedenie skorosti na gorizontallykh krivykh rampy na razvyazkah v Niderlandah]. Transportation Research Record. 2017. No. 2618(1). Pp. 38–47. DOI:10.3141/2618-04 (rus)

*Information about the authors*

**Bobneva, Alena N.** Project Manager. e-mail: bobneva@mail.ru. JSC "Petersburg Roads", St. Petersburg, 192236, 6-8-1 Sofiyskaya street

---

*Received 10.11.2022*

**Для цитирования:**

Бобнева А.Н. Стратегия проектирования съездов транспортных развязок в условиях плотной городской застройки // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 2. С. 67–76. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-8-2-67-76

**For citation:**

Bobneva A.N. Strategy for ramp design on transport interchanges in densely built-up urban areas. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2023. No. 2. Pp. 67–76. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-8-2-67-76