

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
Инженерно-строительный институт
кафедра «Автомобильные дороги и городские
сооружения»

Оценка риска проезда по кривой в плане малого радиуса с учетом встречного ветра

Путенкова Татьяна, гр. ДС12-12

Руководитель Т.В. Гавриленко, к.т.н., доцент

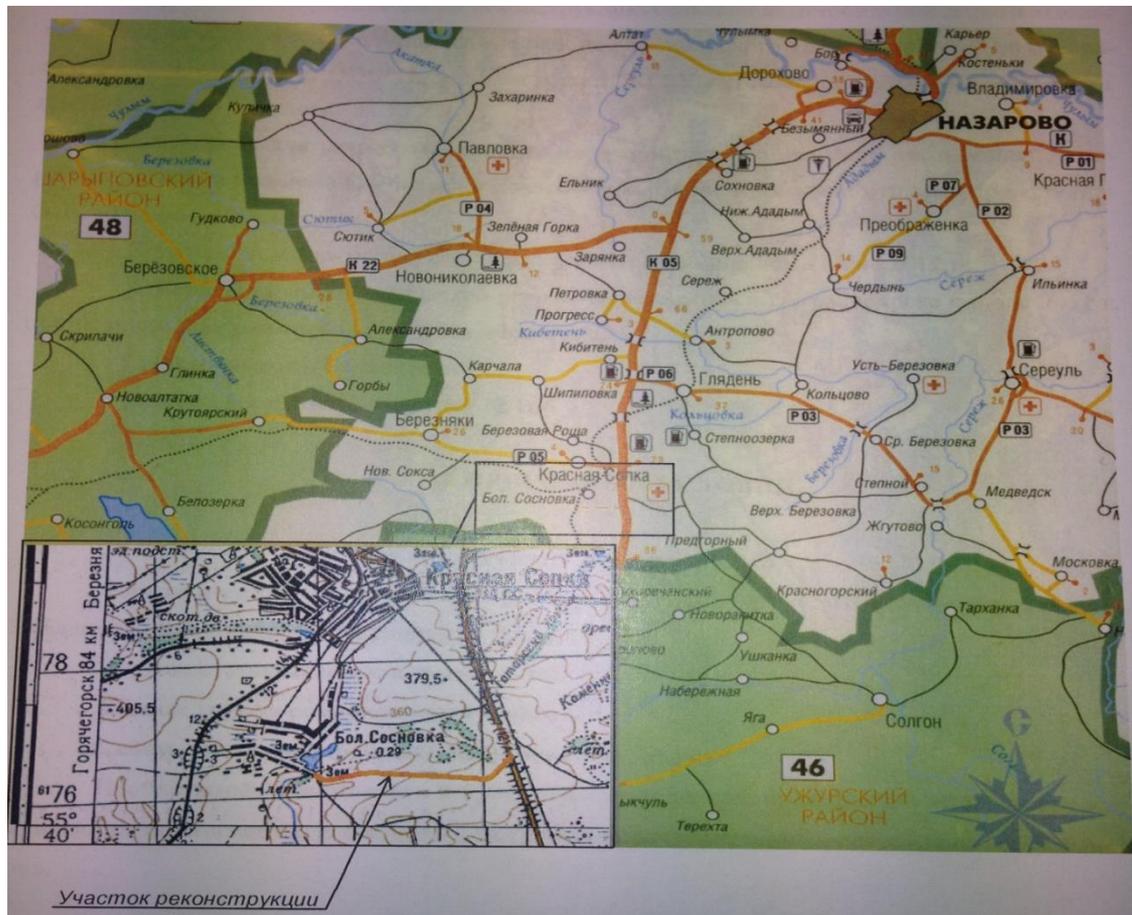
Красноярск 2016

Цель работы

Исследование влияния встречного ветра на назначение величины радиуса кривой в плане



Автомобильная дорога 4-й категории - Подъезд к поселку Большая Сосновка в Назаровском районе



Общая формула для расчета риска движения автомобиля по геометрическому элементу дороги

Риск движения автомобиля со скоростью v :

$$r = 0,5 - \Phi \left(\frac{A - A_M}{\sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_M^2}} \right)$$

A – величина геометрического элемента дороги;

A_M – его минимальное значение, при котором риск движения со скоростью v равен 50%;

σ_A и σ_M – средние квадратические отклонения величины A и A_M соответственно;

$\Phi(u)$ – функция Лапласа (интеграл вероятности).

Минимальный радиус кривой

$A_M \equiv R_M$ минимальный радиус кривой.

С учетом предельной скорости движения одиночного расчётного автомобиля

$$R_M = \frac{v^2}{127(\sqrt{\phi_1^2 - \mu_x^2} + i_g)}$$

v – расчетная скорость движения; i_g – уклон виража;

$\sqrt{\phi_1^2 - \mu_x^2}$ – поперечная составляющая общего коэффициента сцепления;

ϕ_1 – часть общего коэффициента сцепления, используемая в продольном направлении;

μ_x – величина коэффициента тяговой силы.

Коэффициент тяговой силы

Коэффициент тяговой силы μ_x

$$\mu_x = \frac{2}{K_{\text{сц}}} \left(f_v + i + \frac{K \cdot F \cdot v_c^2}{13mg} \right)$$

f_v – коэффициент сопротивления качению;

i – коэффициент сопротивления движению на подъем (продольный уклон в пределах кривой в плане), тысячные;

K – коэффициент обтекаемости лобовой площади автомобиля, кг/м³;

F – лобовая площадь, м²;

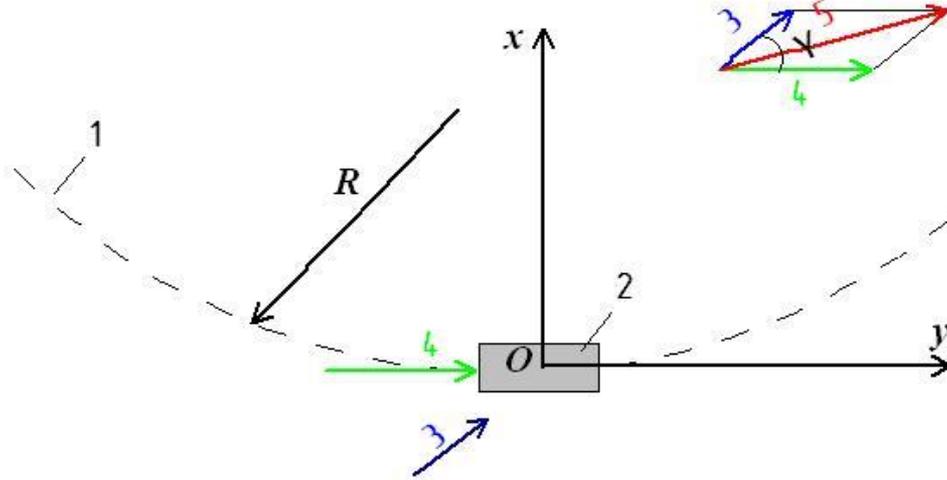
v_c – скорость набегания воздуха на автомобиль, км/ч;

m – масса автомобиля, кг;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

$K_{\text{сц}}$ – коэффициент сцепного веса.

Вектор встречного ветра



$$\vec{v}_c = \vec{v}_B + \vec{v}_{шт}$$

$$v_c = \sqrt{v_B^2 + v_{шт}^2 + 2v_B \cdot v_{шт} \cdot \cos \gamma}$$

- 1 – траектория движения автомобиля по кривой в плане;
 - 2 – автомобиль;
 - 3 – направление ветра, имеющего скорость \vec{v}_B ;
 - 4 – скорость набегания воздуха на автомобиль, движущегося при полном штиле $\vec{v}_{шт}$;
 - 5 – скорость набегания воздуха на автомобиль с учетом ветра \vec{v}_c
- γ – угол между векторами (угол атаки).

Лобовая площадь автомобиля

Лобовая площадь зависит от угла атаки встречного ветра γ и определяется по формуле :

$$F = 0,8 \cdot H (D \cdot \sin \gamma \pm B \cdot \cos \gamma)$$

H – высота автомобиля, м;

D – длина, м;

B – ширина, м; знак «+» соответствует встречному ветру, а знак «-» – попутному.

Радиус кривой в плане с заданной величиной риска

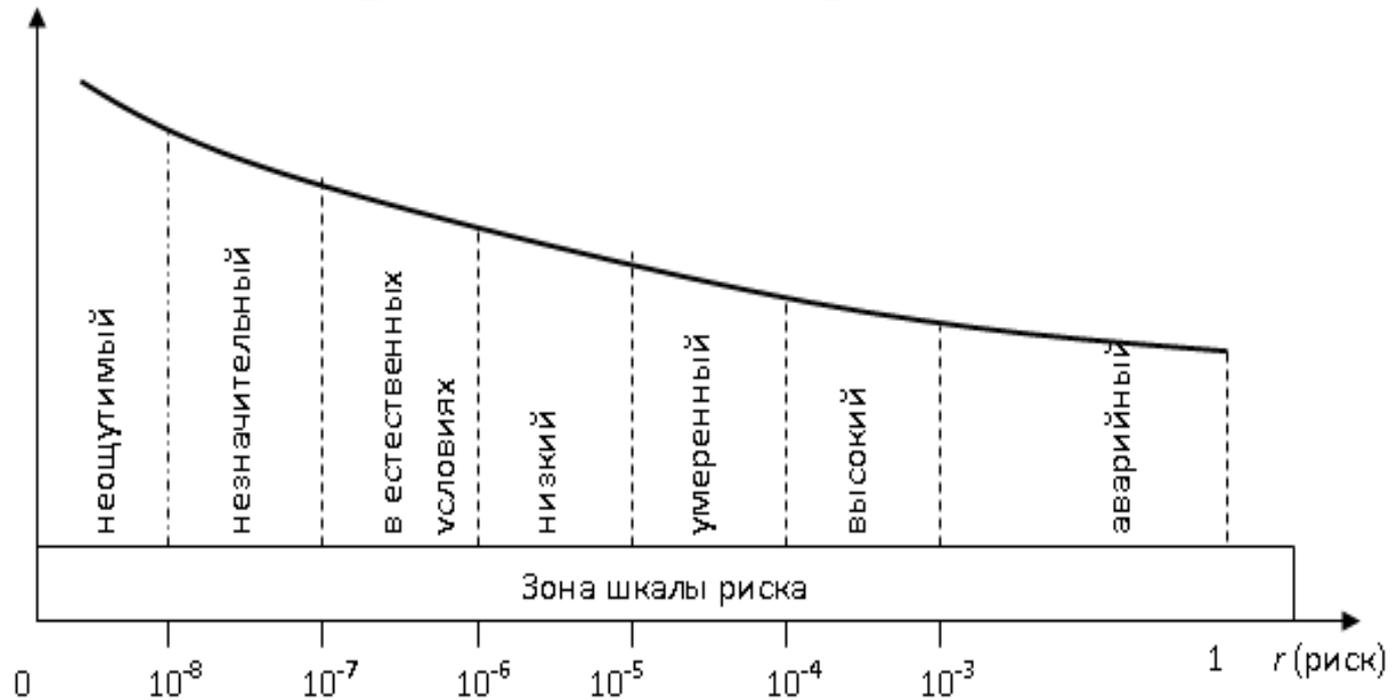
$$R = R_M + u \sqrt{\sigma_M^2 + \sigma_R^2}$$

σ_M – среднее квадратическое отклонение минимального радиуса кривой в плане, м;

σ_R – допуск на отклонение радиуса кривой в плане, зависящий от точности разбивочных и строительно-монтажных работ, м;

u – аргумент функции Лапласа, устанавливаемый в зависимости от величины принятого риска.

Приемлемый риск



Международная шкала риска

В качестве нормативного (приемлемого) риска попадания в ДТП рекомендуется значение $1 \cdot 10^{-4}$, которое находится между умеренным и высоким риском.

Риск возникновения ДТП при встречном ветре

$$R_s = P(\text{ДТП}|W) \cdot P(W)$$

$P(\text{ДТП}|W)$ – условная вероятность попадания в ДТП на кривой малого радиуса при наличии встречного ветра,

$P(W)$ – вероятность возникновения встречного ветра.

Условная вероятность попадания в ДТП

$$P(\text{ДТП}|W) = 0,5 - \Phi\left(\frac{R - R_M}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_M^2}}\right)$$

σ_M – среднее квадратическое отклонение минимального радиуса кривой в плане, м;

σ_R – допуск на отклонение радиуса кривой в плане, м;

R – радиус кривой в плане с заданной величиной риска;

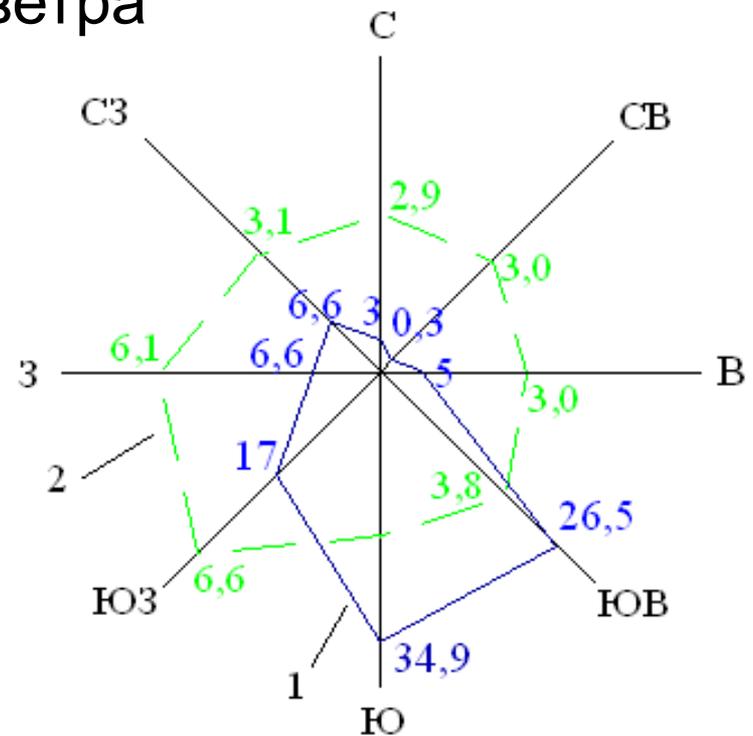
$\Phi(u)$ – функция Лапласа.

Вероятность возникновения встречного ветра по розе ветров января

Определяется по повторяемости ветра

1 – повторяемость, %;

2 – средняя скорость, м/с.



Вероятность направления ветра:

юго-западного – 0,17;

южного – 0,349;

юго-восточного – 0,265.

Безопасный радиус кривой при отсутствии ветра

$$v_{\text{в}} = 0 \text{ м/с и } \gamma = 0^\circ$$

Радиус кривой, обеспечивающий приемлемый риск 10^{-4} , должен быть не менее 141 м.

В проекте $R=150$ м.



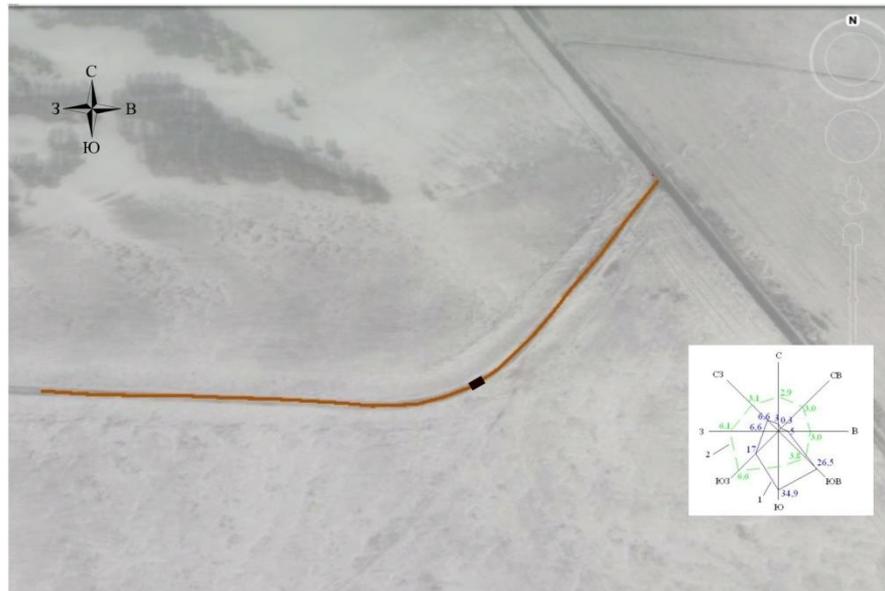
Значения риска при различных углах атаки и скоростях ветра

Угол атаки $\gamma, ^\circ$	Юго-западный		Южный		Юго-восточный	
	$v_B=6,6$ м/с	$P=0,17$	$v_B=3,9$ м/с	$P=0,349$	$v_B=3,8$ м/с	$P=0,265$
	Риск	Общий риск	Риск	Общий риск	Риск	Общий риск
0	0,002	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
30	0,229	0,039	0,071	0,025	0,067	0,018
45	0,351	0,060	0,150	0,052	0,146	0,039
50	0,360	0,061	0,165	0,058	0,157	0,042
52	0,360	0,061	0,169	0,059	0,161	0,043
55	0,355	0,060	0,169	0,059	0,164	0,044
60	0,336	0,057	0,164	0,057	0,160	0,042
70	0,253	0,043	0,129	0,045	0,126	0,033
90	0,051	0,009	0,032	0,011	0,031	0,008

Безопасный радиус кривой в самом неблагоприятном случае

При юго-западном ветре и угле атаки $\gamma=50^\circ$ радиус, обеспечивающий приемлемый риск, должен быть равен 316 м, что в 2 раза больше запроектированного.

Таким образом, данный участок дороги не соответствует приемлемому риску с учетом встречного ветра.



ВЫВОДЫ

1. Максимальные значения риска получились при углах атаки $\gamma = 52-55^\circ$. Это связано с увеличением лобовой площади сопротивления воздуху.

2. Наибольшие средние значения скоростей ветра присущи юго-западному направлению 6,6 м/с, при этом вероятность ветра составляет 0,17; риск попадания в ДТП составляет 0,061.

3. Наиболее частым является южный ветер с вероятностью $P(w) = 0,349$ и средней скоростью 3,9 м/с, при этом риск попадания в ДТП составляет 0,059.

4. Запроектированный радиус кривой не соответствует приемлемому риску.

Благодарю за внимание!