

К весьма важным характеристикам качества бетонов относятся эксплуатационные показатели, такие как водонепроницаемость и морозостойкость. Для первоначальной оценки эксплуатационных показателей определяли водопоглощение образцов, поскольку оно является косвенной характеристикой водонепроницаемости и морозостойкости бетона. Показатели оценивали по методике [4] на приборе типа «АГАМА-2р». Результаты по определению водопоглощения, коэффициента сопротивления воздухопроницаемости и ожидаемая морозостойкость и водонепроницаемость образцов восьми составов приведены в табл. 2.

Таблица 2

№ состава	Водопоглощение, % мас.	Коэффициент сопротивления воздухопроницаемости, с/см^3	Морозостойкость, цикл	Водонепроницаемость, МПа
1	5,3	7,3	150	0,6
2	4,7	8,8	150	0,6
3	4,4	10,2	200	0,8
4	4,4	10,5	200	0,8
5	4,8	9,8	200	0,8
6	4,1	12,6	200	0,8
7	6,2	6,2	100	0,4
8	4,9	9,3	150	0,6

Данные табл. 2 позволяют сделать вывод о том, что использование кубовидного щебня не влияет на морозостойкость и водонепроницаемость бетона. Незначительное различие в показателях водопоглощения и коэффициента сопротивления воздухопроницаемости вызвано нормальной погрешностью при определении контролируемых показателей.

ВЫВОДЫ

На основании результатов экспериментальных исследований рациональной областью применения кубовидного щебня можно считать его использование для изделий и конструкций, работающих в условиях центрального и внецентренного сжатия.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Технология** заполнителей бетона / С. М. Ицкович и др. – М.: Высш. шк., 1991. – 272 с.
2. **Ахвердов И. Н.** Основы физики бетона. – М.: Стройиздат, 1981. – 373 с.
3. **СТБ 1311–2002.** Щебень кубовидный из плотных горных пород: Техн. условия.
4. **ГОСТ 12730.5–84.** Бетоны. Методы определения водонепроницаемости: Прил. 1.

УДК 625.7.03

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ УЧАСТКОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С УЧЕТОМ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

БОГДАНОВИЧ Ю. А.

Белорусский национальный технический университет

Пропускная способность автомобильных дорог зависит от множества факторов. К ним относятся: дорожные условия (продольный уклон, расстояние видимости, ширина проезжей части, радиус кривой в плане и др.), состав потока автомобилей, наличие средств регулирования, возможность маневрирования автомоби-

лей по ширине проезжей части, психофизиологические особенности водителей, конструкция автомобилей и погодно-климатические условия. Изменение одного из этих факторов приводит к существенным колебаниям пропускной способности в течение суток, месяца, сезона и года. Например, при появлении частых помех

на дороге происходят значительные колебания скорости, приводящие к появлению большого числа автомобилей, движущихся в группах, а также к снижению средней скорости всего потока.

Изменение состояния проезжей части в течение года из-за воздействия осадков в виде дождя или снега, обледенения и т. д. приводит к уменьшению величины коэффициента сцепления колеса автомобиля с покрытием, а следовательно, и к снижению скорости движения автомобилей. Известно, что величина параметров элементов плана трассы в той или иной мере оказывает влияние на скорость, однако их совместное воздействие с погодными факторами, хотя и не отрицается разными авторами, но исследовано слабо. Влияние погодных факторов и геометрических параметров закругления изучалось в основном по отдельности. Так, влияние геометрических параметров автомобильных дорог на режимы движения автомобилей отражено в работах В. Ф. Бабкова, В. Н. Иванова, Д. Д. Селюкова и других, а влияние погодных факторов – А. П. Васильева, В. П. Расникова, П. К. Дуюнова и др. Участки дорог с кривыми в плане даже при благоприятных погодных условиях являются участками с повышенной вероятностью заноса автомобилей, и это вынуждает водителя снижать на подходе к закруглению скорость движения. С ухудшением состояния проезжей части изменение режимов движения автомобиля становится заметнее. Поэтому считается, что «необходимо уделять особое внимание назначению допустимых скоростей на кривых и прежде всего в периоды увлажнения, снегопада и гололеда» [1, с. 211].

На кафедре «Проектирование дорог» БНТУ проводились исследования транспортных потоков по автодорогам Беларуси при влиянии различных погодных факторов. Особое внимание уделялось составу потока автомобилей, их типу, скорости движения, дистанции между автомобилями, состоянию проезжей части.

Известно, что дистанция между автомобилями непосредственно влияет на пропускную способность автомобильной дороги. В свою очередь, дистанция и скорость движения автомобилей зависят от влияния на дорожное по-

крытие погодными факторами. С ухудшением состояния проезжей части автомобильной дороги, т. е. с уменьшением коэффициента сцепления, водители увеличивают в целях безопасности движения расстояние между автомобилями, что и ведет к снижению пропускной способности автомобильной дороги.

Австралийские исследователи считают, что, если дистанция составляет 40 м при скорости 30 км/ч, 70 м при 50 км/ч и т. д., то автомобили не взаимодействуют друг с другом. Это было учтено при экспериментальном исследовании дистанции между автомобилями. Наблюдения проводились как с помощью традиционных методов (створы на опытных участках автомобильных дорог, секундомер, радиолокационный прибор «Фара»), так и с помощью кино- и видеосъемки. При обработке экспериментальных данных транспортный поток разделялся на легковые автомобили, грузовые автомобили (с учетом грузоподъемности) и т. д. Эксперименты проводились на прямолинейных участках дорог, на подходе к закруглениям, а также на кривых в плане для разных состояний дорожного покрытия.

Выявлено, что дистанция и скорость начинают изменяться еще до въезда на закругление. Причем зона влияния кривой в плане увеличивается с ухудшением состояния дорожного покрытия, т. е. с ухудшением условий движения увеличивается расстояние, на котором происходит изменение скорости движения и дистанции между автомобилями. Заметное влияние на состояние транспортных потоков оказывают параметры кривой в плане и интенсивность движения автомобилей. В табл. 1 показана дистанция между легковыми автомобилями 85%-й обеспеченности для кривых в плане с разными параметрами при скорости движения 60 км/ч и интенсивности движения 500 авт./ч.

Таблица 1
Зависимость дистанции между автомобилями от параметров кривой в плане и состояния дорожного покрытия

Радиус кривой, м	Угол поворота, град.	Дистанция на подходе, м		Дистанция на кривой, м	
		Сухое покрытие	Мокрое покрытие	Сухое покрытие	Мокрое покрытие
250	23	35	40	27	30
300	28,5	33	38	25	28
500	34,5	25	28	20	22

Следует заметить, что при низкой интенсивности движения разброс данных более заметен, чем при более высокой. Это объясняется тем, что при малой интенсивности движения водитель имеет возможность выбрать интервал по желанию и в соответствии с опытом. При движении в составе плотного транспортного потока интервал между автомобилями больше диктуется состоянием самого потока, т. е. не всегда в соответствии с желанием водителя. С увеличением интенсивности интервал, как правило, уменьшается (табл. 2).

Таблица 2

Зависимость дистанции между автомобилями на участке подхода к кривой в плане от интенсивности движения и состояния проезжей части

Интенсивность движения, авт./ч	Дистанция на участке подхода к закруглению с $R = 250$ м в зависимости от состояния дорожного покрытия		
	Сухое	Мокрое	Заснеженное
100	$\frac{42}{50}$	$\frac{46}{55}$	$\frac{50}{60}$
200	$\frac{35}{44}$	$\frac{38}{46}$	$\frac{43}{53}$
300	$\frac{33}{42}$	$\frac{35}{45}$	$\frac{42}{52}$
400	$\frac{30}{40}$	$\frac{32}{43}$	$\frac{40}{48}$

Примечание: в числителе – данные о дистанции между легковыми автомобилями, в знаменателе – между грузовыми.

Транспортный поток состоит из одиночных автомобилей и «пачек» автомобилей. Взаимодействие автомобилей в транспортном потоке зависит от того, к какой группе относится тот или иной автомобиль: к группе свободных, частично связанных или связанных автомобилей. Причинами появления «пачек» автомобилей обычно являются такие факторы, как состав транспортного потока (соотношение быстро и медленно идущих автомобилей), дорожные и погодные-климатические условия. Участки, на которых происходит резкое снижение скорости движения автомобилей (например, кривая в плане), способствуют изменению качественного состояния транспортного потока, и, как следствие, – изменению дистанции между автомобилями.

С ухудшением условий движения транспортный поток как бы сжимается. Скорость автомобилей и дистанция уменьшаются, пропускная способность снижается. Во время наблюдений за изменением дистанции для разных состояний дорожного покрытия были зафиксированы расстояния между автомобилями, при которых начинали образовываться «пачки» автомобилей. Выявлено, что информация об образовании «пачек» при уровнях удобства Б и В является недостаточной. Критериями их образования являются, кроме скорости движения, плотности потока автомобилей и величины дистанции, также совокупность геометрических параметров автомобильной дороги и погодные-климатические факторы. Так, доля одиночных автомобилей при интенсивности 300 авт./ч на подходе к закруглению с $R = 250$ м составляла 35 %, на кривой – 28 % на сухой проезжей части и 25 % – на мокрой. При возрастании интенсивности до 600 авт./ч эта доля даже на сухом покрытии на кривой составляла менее 10 %.

Проведенные исследования позволили определить, что величина скорости и соответствующая ей минимальная дистанция, при которых транспортный поток изменяет свою структуру и становится частично или полностью связанным в «пачки» по 3...4 и более автомобилей, имеют различные значения для разных состояний проезжей части. Например, на подходе к кривой в плане с $R = 500$ м объединение автомобилей в «пачку» происходит при скоростях менее 60 км/ч и соответствующей этой скорости дистанции 50 м на сухом покрытии. На мокром и заснеженном покрытиях эти величины ниже и составляют соответственно 55 км/ч и 48 м; 43 км/ч и 44 м, т. е. чем хуже состояние проезжей части, тем более сжимается транспортный поток, уменьшается дистанция, снижаются скорость движения и, как следствие, пропускная способность полосы движения на кривой в плане, что в свою очередь подтверждает зависимость пропускной способности от погодных условий.

Анализ результатов наблюдений показал, что изменение дистанции между автомобилями при проезде участков автодорог с кривыми в плане тем больше, чем меньше радиус закругления и хуже состояние проезжей части. Отно-

шение скоростей движения автомобилей представляет собой известный коэффициент безопасности. По аналогии с ним представляется уместным ввести коэффициент сжатия транспортного потока, который представляет отношение дистанции на кривой в плане к дистанции на подходе к ней:

$$K_{сж} = \frac{L_{д.к}}{L_{д.п}} \quad (1)$$

Для исследуемых кривых в плане получены значения этих коэффициентов и представлены в табл. 3.

Таблица 3

Зависимость величины коэффициента сжатия транспортного потока от параметров кривой в плане и состояния проезжей части

Состояние дорожного покрытия	Радиус кривой в плане, м		
	400	300	250
Сухое	0,96	0,91	0,85
Мокрое	0,94	0,90	0,82
Заснеженное	0,93	0,86	0,74
Гололед	0,90	0,83	0,72

Во время проведения исследований возникла необходимость в определении коэффициента снижения пропускной способности β . Однако для того чтобы определить фактическую пропускную способность в реальных условиях, необходимо создавать искусственный затор, что не всегда возможно. Поэтому А. П. Васильев рекомендует коэффициент снижения пропускной способности с достаточной степенью точности определять как отношение фактической скорости движения в данных условиях к скорости движения при эталонных условиях, т. е. на горизонтальном прямолинейном участке при ширине полосы 3,75 м в сухой летний период. Таким образом, коэффициент снижения пропускной способности [2, с. 152, 153]:

$$\beta = \frac{v_{\phi}}{v} \quad (2)$$

где v_{ϕ} – скорость движения 85%-й обеспеченности в данных условиях; v – скорость движения 85%-й обеспеченности при эталонных условиях.

Выявлено, что снижение пропускной способности не имеет строгой зависимости от ко-

эффициента сжатия транспортного потока, а зависит от параметров кривой в плане. Например, при $\beta = 0,80$ коэффициент сжатия имеет разные значения для различных радиусов: при $R = 400$ м $K_{сж} = 0,86$; при $R = 300$ м $K_{сж} = 0,83$; при $R = 250$ м $K_{сж} = 0,775$. Таким образом, чем меньше радиус кривой в плане, тем больше сжимается поток при прохождении закругления за счет уменьшения дистанции между автомобилями.

На основании анализа полученных результатов выявлены особенности режимов движения автомобилей на дорогах Республики Беларусь в разные периоды года, а также рассчитаны значения коэффициентов снижения пропускной способности β для различных состояний проезжей части в зависимости от радиуса кривой в плане и состояния дорожного покрытия (табл. 4).

Таблица 4

Зависимость величины коэффициента снижения пропускной способности от радиуса кривой в плане и состояния проезжей части

Радиус кривой в плане, м	Коэффициент снижения пропускной способности в зависимости от дорожного покрытия			
	Сухое	Мокрое	Заснеженное	Гололед
100	0,75	0,68	0,56	0,40
200	0,85	0,78	0,68	0,56
300	0,90	0,86	0,78	0,68
400	0,95	0,92	0,86	0,78
500	0,98	0,96	0,92	0,85
600	1,00	0,99	0,96	0,92
650	1,00	1,00	0,98	0,95
700	1,00	1,00	0,99	0,97
750	1,00	1,00	1,00	0,98
800	1,00	1,00	1,00	0,99
850	1,00	1,00	1,00	1,00

Анализ полученных коэффициентов снижения пропускной способности указывает на ее резкое снижение при радиусах менее 300 м на сухом покрытии, менее 350 м – на мокром, менее 450 м – на заснеженном и менее 550 м – при гололеде.

Полученные результаты дают основание ставить вопрос о прогнозировании на стадии проектирования ожидаемых уровней загрузки дороги в разные периоды года и предусматривать меры по обеспечению требований удобства и безопасности движения в реальных условиях движения.

Существующие в настоящее время модели определения дистанции между автомобилями не учитывают состояние дорожного покрытия. Уточнение упрощенных динамических моделей возможно в таких направлениях, как учет тенденции изменения тормозных качеств автомобилей, влияния разности скоростей, характера торможения, влияния неблагоприятных погодных-климатических факторов.

Пропускную способность участков дорог необходимо определять для наиболее трудного по условиям движения периода года и состояния дорожного покрытия принятого за расчетный в данной климатической зоне. Влияние состояния проезжей части дороги предлагается учитывать с помощью соответствующих для данного региона строительства коэффициентов снижения пропускной способности.

Определение пропускной способности необходимо не только для выявления опасных участков, требующих улучшения условий движения, но и для оценки экономичности и удобства движения всего транспортного потока, выбора эффективных средств организации движения. Необходимо учитывать региональные особенности Республики Беларусь на стадии проектирования и реконструкции автомобильных дорог.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев А. П., Фримштейн М. И. Управление движением на автомобильных дорогах. – М.: Транспорт, 1979. – 296 с.
2. Васильев А. П. Состояние дорог и безопасность движения автомобилей в сложных погодных условиях. – М.: Транспорт, 1976. – 224 с.

УДК 624.071.3

АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ПЛАСТИНОК МЕТОДОМ ГРАДИЕНТНОГО СПУСКА С НАВИГАЦИЕЙ НАПРАВЛЕНИЯ ПОИСКА ВБЛИЗИ ГРАНИЦ

Асп. ВЕРБИЦКАЯ О. Л.

Белорусский национальный технический университет

Существующие методы расчета и оптимизации плит перекрытий и покрытий различных сооружений во многих случаях не позволяют учесть их конструктивные особенности. В статье излагаются разработанные автором алгоритм оптимизации, созданная на его основе компьютерная программа вычислений и анализируются результаты численных исследований для плит кусочно-постоянного сечения. Рассматривается задача оптимизации прямоугольной шарнирно опертой по контуру изотропной пластинки, подвергнутой поперечному изгибу. Материал деформируется по закону Гука, пластинка считается тонкой, поэтому наряду с

обычными допущениями линейной теории упругости принимается допущение Кирхгофа – Лява о нормали к срединной плоскости.

Эффективность методики оптимизации, как известно, существенно зависит от реализуемых в ней методов расчета конструкций, способов выбора направления движения поисковой точки и определения длины шага. Вначале рассмотрим особенности статического расчета пластинки методом конечных элементов. Расчетная модель пластинки представлена в виде совокупности прямоугольных конечных элементов (КЭ) (рис. 1).