

Проведенные экспериментальные исследования (рис. 3, кривая 1) показывают, что максимальный положительный изгибающий момент возникает в несущих элементах покрытия при установке нагрузки в середине пролета балки и по своей величине несколько меньше полученной расчетным путем по методикам [2,3]. Это происходит из-за того, что расчет несущих элементов покрытия на прочность по методу И.А. Симвулиди ведется в условиях плоской деформации, а при расчете по методу М.И. Горбунова-Посадова не учитывается шарнирное соединение и влияние соседних балок на распределение внешней нагрузки.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования показали, что ориентировочный расчет на прочность несущих элементов разработанной конструкции сборно-разборного покрытия может производиться по методике, разработанной М.И. Горбуновым-Посадовым, с учетом принятых допущений. Причем величину максимального изгибающего момента, определяемого по соответствующим таблицам, необходимо брать с учетом коэффициентов, сближающих теоретические расчеты с экспериментальными данными. При расчете несущих элементов по методу М.И. Горбунова-Посадова величина коэффициента принимается 0,9.

Более точно конструкция ленточного покрытия рассчитывается с применением ЭВМ, как система шарнирно соединенных балок [4].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. 751883 (СССР). Покрытие автомобильных дорог/И.И. Леонович, Л.Р. Мытько. — Опубл. в Б.И., 1980, № 26. 2. Горбунов-Посадов М.И., Маликова Т.А. Расчет конструкций на упругом основании. — М.: Стройиздат, 1973. — 627 с. 3. Симвулиди И.А. Расчет инженерных конструкций на упругом основании. — М.: Высшая школа, 1968. — 276 с. 4. Леонович И.И., Мытько Л.Р., Романчик В.С. Решение системы дифференциальных уравнений применительно к задаче расчета сборно-разборного дорожного покрытия: Тез. докл. Республиканской конф. математиков Белоруссии. Гродно, ч. II, 1980, с. 165—166.

УДК 625.7 (480)

П.А. ЛЫЩИК, канд.техн.наук (БТИ)

#### АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ ФИНЛЯНДИИ

Бурное развитие автомобильного транспорта стало обычным явлением для многих стран мира. Одним из примеров этого явления можно считать Финляндию. Автомобильный парк страны за последнее десятилетие увеличился почти в 1,8 раза и насчитывает около 1,4 млн. автомобилей.

Автомобильный транспорт Финляндии перевозит более 90% всех пассажиров. В 1979 г. было выполнено 46089 млн. пассажиро-километров, из которых на долю автомобильного транспорта приходится 42500 млн. Товарный грузооборот за тот же год по стране составил 29818 млн. тонно-километров, а автомобильного транспорта — 17650 млн. (59%). Владельцы автомобилей осуществляют на них, как правило, все поездки на расстоянии до 300 км, а перевозка грузов производится на 400 и более километров.

Технические условия на проектирование рекомендуют максимальные продольные уклоны принимать в следующих пределах в зависимости от категории дороги: для автомагистралей — 40–50‰, для главных дорог — 50–60‰, для дорог местного значения 70–90‰. Автомобильные дороги I и II класса проектируются с таким расчетом, чтобы на 30% всего протяжения была обеспечена видимость (из условий обгона); для дорог местного значения эта величина должна составлять 25%. Допускаются виражи с уклоном до 70‰. Минимальные значения радиусов выпуклых вертикальных кривых рассчитываются из условия видимости на проезжей части препятствия высотой 0,1 м. Радиусы вогнутых кривых определяются из условия видимости покрытия во время движения при свете фар ночью. Ширина земляного полотна для автомагистралей, включая разделительную полосу, равна 30,0 м, для дорог I класса — 23,5–10,0 м, для дорог II класса — 7–8 м, для местных дорог — 4–7 м. На всех автодорогах рекомендуется принимать заложение откосов насыпей не менее 1:3.

Дорожная сеть Финляндии представлена дорогами самых разных категорий. По состоянию на 1 января 1980 г. дороги общей и местной сетей составляют 74684 км, к основным отнесено 40272 км и к местным 34412 км, частные дороги — 35246 км. Асфальтобетонное покрытие имеют 98% дорог главной сети, 61% основных дорог и 17% местных дорог.

На автомобильных дорогах применяют три типа дорожных покрытий: асфальтобетонные, битумогравийные и гравийные. Цементобетонные покрытия создаются в порядке эксперимента. Из дорог с твердым покрытием около 40% приходится на асфальтобетон и 60% — на битумогравийные покрытия, которые представляют собой уплотненные гравийно-песчаные смеси оптимального состава, обработанные (из расчета 3,2%) медленно густеющим битумом с введением аминовых добавок в количестве 1,2% от массы битума.

Более 50% всех дорог имеют гравийное покрытие. Следует отметить, что все покрытия достаточно ровные, что обеспечивает движение автомобилей с заданными расчетными скоростями. Особое внимание уделяется гравийным покрытиям. Использование хлористого кальция для обеспыливания дорог способствует содержанию гравийных покрытий во влажном состоянии и в сухую погоду. Расход хлористого кальция составляет от 0,25 до 3,0 т/км дороги и зависит от ширины проезжей части, количества дождливых дней и интенсивности движения. Для обеспыливания гравийных покрытий в последние годы все шире используется жидкий битум. Применение жидкого битума позволяет упрочнять дорожное покрытие; срок службы таких покрытий значительно увеличивается и достигает 9–10 лет. Регулярная профилировка и утюжка гравийных покрытий, последовательное утолщение в процессе эксплуатации позволяет эксплуатировать гравийные дороги с высокими технико-эксплуатационными показателями. Хорошие эксплуатационные качества дорог с гравийным покрытием объясняются еще и тем, что для устройства данных покрытий используется дробленый гравий с крупностью частиц не более 18 мм. С целью получения оптимального зернового состава для связности в дробленый гравий вводится небольшое количество сортированного гравия и глины. Полученный зерновой состав на 10% дорожке, чем естественный гравий, но служит в дорожных покрытиях значительно лучше.

На автомагистралях, как правило, предусматривается весьма прочная дорожная одежда. К примеру, на кольцевой дороге у Хельсинки на тканевый фильтр уложен морозозащитный слой из гравия толщиной 50 см, грунтоцементный слой (15 см), слой щебня (14 см) и асфальтобетонное покрытие (19,5 см). Общая толщина дорожной одежды составляет 98,5 см. Тканевый материал исключает перемешивание гравия с подстилающим глинистым грунтом.

На финских дорогах эксплуатируется 8756 мостов, из которых 1130 имеют ограничение по грузоподъемности. На дорогах I и II класса функционирует всего 8 мостов, имеющих ограничения по грузоподъемности. Что касается водопропускных труб, то они, как правило, устраиваются без оголовков, а концы труб имеют срез, равный коэффициенту заложения откоса насыпи.

Автомобильные магистрали строятся в основном около больших городов. Проектная скорость на этих дорогах 140 км/ч, что влечет строительство путепроводов. В настоящее время эксплуатируется 698 путепроводов, из которых 124 имеют ограничение по высоте ( $\leq 4$  м).

Дорожная сеть Финляндии распределена неравномерно по территории, 60% дорог находится в южной ее части. Государственные дороги строятся и содержатся за счет государственного бюджета. На строительство местных дорог государство выделяет 80% средств, а 20% — коммуны. Частные дороги содержатся владельцами земель, которые получают от государства и коммун 30% средств, необходимых для строительства и содержания. Городские улицы и дороги содержатся и строятся за счет городского бюджета и частично государственного. На строительство и содержание дорог в Финляндии расходуется более 2 млрд. финских марок в год, из которых почти половина идет на содержание и всего 5% ассигнований используется на проектно-изыскательские работы.

При разработке проектов дорог применяется стадийное проектирование в зависимости от назначения и сложности дорожного объекта. Ежегодно проектируется около 300 км новых автомобильных дорог, а с учетом реконструкции существующих дорог проектная документация разрабатывается на 800—1000 км.

Для полной разработки проекта приходится выполнять более 60 заданий, 30% из которых финские специалисты полностью или частично решают с помощью ЭВМ. Для этих целей разработаны и используются 31 программа, что дает возможность широко применять вариантное проектирование. Автомобильные магистрали проектируются с большим количеством переходных и круговых кривых. Большое внимание при трассировании дорог уделяется сохранению окружающей среды. Учитывается мнение жителей о целесообразности проложения того или иного варианта трассы. Для реализации данного момента проводится большая разъяснительная работа среди населения близлежащих селений о необходимости строительства дорог.

Климат Финляндии весьма разнообразен. Среднегодовое количество осадков на юго-западе Финляндии — 700 мм, а за Полярным кругом — 400 мм. Лето со среднесуточной температурой выше  $+10^{\circ}$  длится на юге 110—122 дня, а на севере только 50—85 дней. Страна находится под снежным покровом на юге около 5 месяцев, а в Лапландии до 7 месяцев. Среднеме-

сячная температура в феврале колеблется между  $-3^{\circ}$  и  $-14^{\circ}$ , в июне — между  $+13^{\circ}$  и  $+17^{\circ}$ . Глубина снежного покрова бывает зимой от 1 до 2 м, а глубина промерзания грунта на дорогах от 1,4 до 2,5 м. Климатические условия создают целый ряд сложностей при строительстве и эксплуатации дорог (пучины, большой объем снегоочистных работ, борьба с гололедом). На период пучения (до 3 месяцев) вводится ограничение веса автомобилей. В 1979 г. морозному пучению было подвергнуто 25% всех дорог. Вводились ограничения движения на 6% дорог с твердым покрытием и на 12% местных дорог. Кое-где движение вообще закрывалось.

Для уборки снега с дорог применяются мощные автогрейдеры и снегоочистители на грузовых автомобилях. Высокие скорости снегоочистительной техники (70—80 км/ч) позволяют производить уборку снега на многих дорогах с удалением его на несколько метров от проезжей части.

Частые оттепели и дожди создают благоприятные условия для образования гололеда. В связи с этим ежегодно зимой рассыпается около 40 тыс. т гигроскопических солей и 0,4—0,6 млн. м<sup>3</sup> песка и солепесчаных смесей.

Применение шипованных шин (100% легковых автомобилей в зимний период эксплуатируются с шипованными шинами) вызывает повышенный износ дорожных покрытий. Ведется большая дискуссия о целесообразности применения шипов, проводятся научные исследования, направленные на поиски новых видов шипов, меньше влияющих на износ покрытий. Установлено, что ежегодный износ асфальтобетонных покрытий под действием шипов в среднем составляет 0,3—0,4 мм при интенсивности движения 1000 автомобилей в сутки.

Большое внимание в Финляндии придается обеспечению безопасности движения на основе улучшения дорожных условий. Для этих целей расходуется около 20% ежегодных ассигнований на дороги. Проведение целого комплекса мероприятий по обеспечению безопасности движения дает определенные результаты. Так, в 1977 г. по сравнению с 1967 г. количество погибших при дорожно-транспортных происшествиях уменьшилось на 33% и раненых — на 40%. Количество же автомобилей за этот период увеличилось в 1,5 раза.

Ежегодно издается карта дорог Финляндии с точным указанием мест происшествий (с классификацией по видам). Этот материал позволяет своевременно намечать участки реконструкций и усиленного содержания дорог. С целью повышения безопасности дорожного движения на магистральных дорогах строятся стоянки на расстоянии от 5 до 7 км одна от другой, а на расстоянии от 30 до 50 км устраиваются площадки для отдыха. Кроме того, реконструируются пересечения дорог в одном уровне с устройством направляющих островков, устанавливаются автоматические шлагбаумы, улучшается видимость, создаются ограждения на высоких насыпях, велосипедные дорожки, которых уже построено около 1 тыс. км и т.д.

Большое значение придается обеспечению безопасности движения в ночное время. Как правило, все дорожные знаки изготовлены с использованием светоотражающих пленок или с подсветкой. На 1 января 1980 г. 5092 км автомобильных дорог имело электрическое освещение. Благодаря этому количество происшествий в темное время суток уменьшилось в среднем на 23%. Все автомобили и в дневное время движутся с включенными фарами. По фин-

ским данным количество происшествий от данного мероприятия уменьшилось на 7—10%.

Одно из важнейших мероприятий по обеспечению условий безопасного движения — это ограничение максимальной скорости. В Финляндии в данном направлении ведутся систематические научные исследования, позволяющие устанавливать безопасные скорости на дорогах страны. Так, в 1978 г. было определено три градации максимальных скоростей для дорог общей и местной сети: 120 км/ч на 142 км (0,2%); 100 км/ч на 10587 км (14,3%) и 80 км/ч на 63450 км (85,5%). На 1 января 1980 г. 16400 км (22%) дорог имеют дифференцированное ограничение максимальной скорости 100—120 км/ч, на остальных дорогах установлена скорость движения 80 км/ч с частичным ее уменьшением на отдельных участках в зависимости от конкретных условий движения.

Ознакомление с дорогами Финляндии показывает, что многое из опыта проектирования, строительства и эксплуатации дорог может быть успешно использовано в нашей стране.

УДК 624.138.24

Ю.Г. БАБАСКИН, ст.науч.сотр.,  
М.Т. НАСКОВЕЦ, мл.науч.сотр.,  
Л.Б. ИВАНОВА, мл.науч.сотр.,  
В.Е. ЦОБКАЛО, мл.науч.сотр. (БТИ)

## РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ДОРОЖНОЙ ИНЪЕКЦИОННОЙ МАШИНЫ И ПРИМЕНЕНИЕ ЕЕ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В Белорусском ордена Трудового Красного Знамени технологическом институте им. С.М. Кирова на протяжении ряда лет проводятся исследования по разработке новых конструкций дорожно-строительных машин и на их основе совершенствование технологического цикла строительства конструктивных слоев автомобильных дорог. В основу этих разработок положен способ инъектирования вяжущих материалов в массив грунтового полотна. Для этой цели была разработана принципиально новая схема машины, которая вводит под давлением жидкий вяжущий материал в поверхностные слои дорожной одежды через набор инжекторов, закрепленных в определенном порядке. До настоящего времени вопросами проникания вязких растворов занимались только при глубинном инъектировании. В связи с этим необходимо было определить область применения способа, технологические параметры нагнетания, конструкции рабочих органов и установок. Исследования были начаты с разработки типов инжекторов, их взаимного месторасположения, возможности перемещения с перекрытием зон пропитки, обеспечением непрерывной работы машины при одновременном сохранении неподвижности рабочего органа. В результате проведенной работы была составлена конструктивная схема машины, кинематика которой изображена на рис. 1. Машина состоит из передней 1 и задней 2 тележек, рамы 3, пары зубчатых колес 4, соединенных цепью 5; каретки 6, перемещаемой по вспомогательной раме 7;