

ции дорожной одежды важно знать картину работы сравниваемых конструкций в различных случаях и характерные свойства слагающих их материалов.

В СНиП и ТУ-64 нормативы гравийных оптимальных смесей устанавливают жесткие пределы содержания фракций, в то время как содержание крупных и мелких фракций должно меняться в зависимости от характера материалов и условий их использования. Процентный подбор различных по крупности зерен еще не даст прочной смеси. Кроме зернового состава, надо учитывать минералогический состав исходных материалов, так как они в комплексе приводят к неоднородности смеси. Следовательно, нормативы требуют уточнения с учетом района их применения. Гравийные покрытия испытывают многократное воздействие нагрузок, в результате чего изменяются физико-механические свойства гравийного материала (явление усталости), покрытие постепенно разрушается, что влияет на срок его службы. Гравийная смесь, как зернистая среда, обладает слабым внутренним сцеплением, не надежна на сдвиг и работает исключительно на сжатие. Это служит причиной износа и деформаций гравийных покрытий: волны, выбоины, пылеобразование и т. д., которым подвергается верхний слой покрытия.

Введение в верхний слой вяжущих устранит развитие таких явлений и повысит прочность, износостойкость и долговечность конструкции. Могут быть применены следующие технологические операции: обеспыливание, поверхностная обработка, пропитка, укладка черного гравия, получаемого смешением на дороге или устанвке. В качестве вяжущих можно использовать привозные материалы — цемент, известь, битум, битумные эмульсии, смолы и т. д., и местные — сырые нефти, дегти, соли, сульфитно-спиртовую барду и прочие отходы промышленности. Анализ опытных и производственных результатов позволяет выделить несколько направлений: рациональное конструирование, подбор материалов, соответствующих условиям работы конструкции, улучшение физико-механических и строительно-технических характеристик исходных материалов и т. д. Цель работы — накопление экспериментальных и практических данных в вопросе улучшения эксплуатационных свойств гравийных покрытий (одежд) лесовозных автомобильных дорог.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ К РАСЧЕТУ КОНСТРУКЦИЙ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД С УЧЕТОМ ПОЛЗУЧЕСТИ

И. И. Леонович, С. С. Макаревич, А. П. Лашенко

(Белорусский технологический институт им. С. М. Кирова)

Изучение поведения дорожных покрытий в различных условиях и анализ результатов многочисленных наблюдений, проведенных в

последнее время советскими и зарубежными исследователями, позволили сделать вывод о том, что дорожная конструкция может работать либо в упругой стадии, либо в упруго-вязкой, либо в упруго-вязко-пластической.

Но все существующие методы не учитывают накопления вязких деформаций в материалах дорожных одежд в процессе их эксплуатации.

В связи с этим общепризнана необходимость продолжения теоретических и экспериментальных исследований конструкций дорожных одежд и разработки практических методов расчета, наиболее полно учитывающих свойства различных дорожно-строительных материалов и их изменения с течением времени под воздействием внешних нагрузок.

Проведенные эксперименты по вдавливанию штампов в грунт показывают, что деформации нарастают во времени при постоянной нагрузке на штамп. Поэтому одним из основных направлений исследования конструкций дорожных одежд следует считать применение реологических моделей и учет реологических свойств материалов при определении напряженного и деформативного состояния дорожных конструкций.

Качественно реологические свойства грунтов хорошо описывает реологическая модель так называемого «типичного тела». Закон деформирования модели имеет следующий вид:

$$nE \dot{\varepsilon} + H\varepsilon = n\dot{\sigma} + \sigma,$$

где σ — напряжение;

ε — относительная деформация;

E, H — мгновенный и длительный модули упругости соответственно;

n — коэффициент времени релаксации.

Точкой обозначена производная по времени.

При решении некоторых задач по проектированию автомобильных дорог более целесообразно пользоваться не уравнениями связи между напряжениями и деформациями, а зависимостями между напряжениями, скоростями деформаций и временем. Следовательно данный закон деформирования является шагом вперед по сравнению с законом Гука.

Реологические параметры весьма просто определяются экспериментальным путем по кривым ползучести.

Основной недостаток данного закона деформирования при его практическом применении — зависимость коэффициента времени релаксации от режима и длительности нагружения. Но это не служит принципиальным препятствием применению закона «типичного тела» для описания деформативных свойств конструкций дорожных одежд.

Для исследования деформативного и напряженного состояний дорожной одежды в различных условиях и расчета конструкций

за расчетную схему принято упруго-вязкое полупространство. Решена задача Буссинеска для однородного и слоистого полупространства для случаев, когда на полупространство действуют сосредоточенная сила, постоянная и меняющаяся во времени, сплошная равномерно распределенная по площади круга нагрузка, постоянная и меняющаяся во времени по пульсирующему синусоидальному закону $q=0,5 q_0 (1 - \cos \omega t)$.

Решение получено методами, аналогичными методам теории упругости, и методом упруго-вязкой аналогии.

В случае, когда на упруго-вязкое полупространство действует сплошная нагрузка, постоянная во времени, $q=\text{const}$, изменение во времени деформаций на поверхности упруго-вязкого полупространства будет определяться формулой

$$W_{\max} = 2 (1 - \nu^2) qR \left[\frac{1}{H} - \left(\frac{1}{H} - \frac{1}{E} \right) e^{-\frac{Ht}{En}} \right]. \quad (1)$$

Если расчет вести по наиболее опасному нагружению, т. е. при наибольшей возможной интенсивности движения, то нагрузка от автомобилей на дорогу наиболее точно будет воспроизводиться пульсирующим синусоидальным законом. В этом случае решение принимает вид

$$W_{\max} = \frac{1 - \nu^2}{E} q_0 R \left[(1 - \cos \omega t) + (1 - e^{-\frac{Ht}{En}}) \frac{E - H}{H} + \right. \\ \left. + \frac{E - H}{H^2 + E^2 n^2 \omega^2} (H e^{-\frac{Ht}{En}} - H \cos \omega t - E \omega n \sin \omega t) \right]. \quad (2)$$

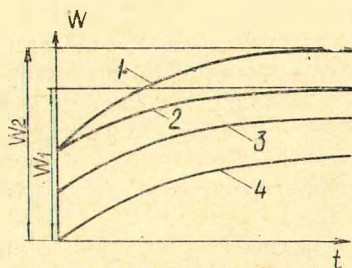


Рис. 1. Кривые изменения деформации поверхности упруго-вязкого полупространства:

1 — кривая накопления деформации во времени при постоянной нагрузке; 2, 4 — кривые, соединяющие высшие (низшие) точки амплитуд колебаний деформаций при пульсирующей нагрузке; 3 — кривая накопления средних деформаций при пульсирующей нагрузке.

На рис. 1 показаны кривые изменения просядок поверхности упруго-вязкого полупространства при загрузении $q=\text{const}$, $q=q_0 \times (1 - \cos \omega t)$. Из рис. 1 видно, что при $t=0$ как в том, так

в другом случаях загрузки максимальный прогиб одинаков и равен

$$W_{t=0} = \frac{2(1-\mu^2)}{E} qR.$$

С течением времени деформации накапливаются интенсивнее при $q = \text{const}$. При достаточно длительном действии нагрузки вертикальные просадки асимптотически стремятся к своим пределам: при $q = \text{const}$

$$W|_{t \rightarrow \infty} = \frac{2(1-\mu^2)}{H} qR;$$

при $q = 0,5 q_0 (1 - \cos \omega t)$

$$W|_{t \rightarrow \infty} = \frac{(1-\mu^2) q_0 R}{E} \left(2 + \frac{E-H}{H} + \frac{(E-H)H}{H^2 + E^2 n^2 \omega^2} \right).$$

Так как для любого материала мгновенный модуль упругости больше длительного модуля упругости, т. е. $E > H$, то

$$W_{t=0} < W_{t \rightarrow \infty}.$$

Так, при изменении H от $0,5 E$ до $0,6 E$ упруго-вязкая деформация при достаточно длительном действии пульсирующей нагрузки на 50—35% больше, чем мгновенная упругая деформация.

Следовательно, учет вязких деформаций в случае интенсивного движения может привести к неточным определениям просадок дорожных конструкций.

Численные значения просадок упруго-вязкого полупространства при различных значениях параметров, входящих в формулы (1) и (2), были получены на ЭВМ «Минск-22».

Исходя из численных значений просадок при нагружении упруго-вязкого полупространства нагрузкой, изменяющейся во времени по закону $q = 0,5 q_0 (1 - \cos \omega t)$, можно утверждать, что при больших E изменение мгновенного модуля упругости на небольшую величину мало влияет на накопления деформаций. При малых модулях E , которые характерны для слабых грунтов, незначительное изменение мгновенного модуля упругости очень сильно влияет на накопление вязких деформаций. Эта же закономерность наблюдается и при изменении длительного модуля упругости. При одних и тех же E и H с увеличением времени релаксации (n) накопление упруго-вязкой деформации значительно уменьшается. Для материалов с большим временем релаксации накопление вязких деформаций происходит очень медленно. Поэтому некоторое предельное значение упруго-вязкой деформации для этих материалов может быть достигнуто за время, превышающее срок службы дорожных одежд.

Если анализировать зависимость деформации от отношения H/E , то можно утверждать, что при больших отношениях H/E ($0,5 < H/E < 1$) влияние площадки, через которую передается внешняя нагрузка, на накопление упруго-вязких деформаций значительно меньше, чем при малых отношениях H/E ($0 < H/E < 0,5$).

Если время воздействия внешней нагрузки мало, то величина площадки, через которую она передается, почти не влияет на величину накоплений деформаций.

На основании полученных результатов построены графики различных зависимостей вида $W = F(E, H, R, q, n, t, \omega)$.

При решении задачи Буссинеска для слоистого упруго-вязкого полупространства функции напряжения заданы в виде функций Бесселя и функции A, B, C , и D зависят не только от первоначальной нагрузки, но и от времени: $A(q, t)$; $B(q, t)$; $C(q, t)$ и $D(q, t)$.

Коэффициент Пуассона материала считаем постоянным для каждого слоя в отдельности. Отношение между изменением напряжений и изменением деформаций представлено реологической моделью типичного тела.

Эта задача после упрощения свелась к интегральному уравнению типа Вольтера второго рода, которое решено методом последовательного приближения Пикара.

Проведенные исследования позволяют ориентировочно определить, с какими реологическими характеристиками должен быть применен материал для тех или других конструкций дорожной одежды.

Эта совокупность проведенных исследований является первым вкладом в изучение поведения конструкций дорожных одежд в упруго-вязкой стадии.

ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЯЖЕЛЫХ И СВЕРХТЯЖЕЛЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НА ДОРОГУ И УЧЕТ ИХ ПРИ РАСЧЕТЕ ОДЕЖД НЕЖЕСТКОГО ТИПА

И. И. Леонович, Л. А. Федоров, В. Л. Штукарь

(Белорусский технологический институт им. С. М. Кирова)

Автомобильная промышленность СССР выпускает грузовые автомобили различной грузоподъемности. Применение в народном хозяйстве автомобилей большой грузоподъемности позволяет обеспечивать высокую производительность труда и снижать стоимость перевозок. Кроме того, создаются благоприятные условия для доставки на строительные площадки, заводы, станции, в порты и другие пункты назначения крупногабаритных и тяжелых грузов.

Автомобили большой грузоподъемности по отношению к неко-