

**В.А. Веренько**

## **НОВЫЕ ПОДХОДЫ К КОНСТРУИРОВАНИЮ И РАСЧЕТУ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД, ПРИНЯТЫЕ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

В настоящее время в Республике Беларусь проектирование дорожных одежд нежесткого типа ведется по Пособию 3.03.01-96 к СНиП 2.05.02-85 «Автомобильные дороги», разработанному на основе ВСН 46-83. Пособие не учитывает современные транспортные нагрузки, их интенсивность и скорость. В России с 2001 года действуют новые нормы на проектирование дорожных одежд нежесткого типа ОДН 218.046-01. Основные нововведения заключаются в переходе на нагрузки 11,5 и 13 тонн, учет воздействия нагрузки за весь срок службы, более четко обоснованы параметры надежности.

Однако при приведении числа воздействий за срок службы не учитываются реологические особенности работы материалов, уровни надежности не связаны со структурой и свойствами материала покрытия, подходы к расчету на сдвигустойчивость остались практически прежними.

В Республике Беларусь введен в действие новый технический кодекс ТКП 45-3.03.3-2004 «Проектирование дорожных одежд улиц и дорог населенных пунктов», в котором имеется ряд отличий от действующих методик и подходов. На первом этапе решено провести его апробацию для городских улиц и дорог. С 2007 года планируется коррекция нормативных документов и для загородных дорог.

В частности, при проектировании дорожных одежд городских дорог и улиц в качестве расчетных принимают нагрузки, соответствующие предельным нагрузкам на ось расчетного двухосного транспортного

средства. Она может приниматься 11,5 тонн или определяться по условиям реального транспортного потока.

Вид и конструкцию материала покрытия назначают в зависимости от требуемого срока службы и уровня надежности по таблицам (Табл. 1). Часть подобной таблицы представлена ниже. При выборе материала необходимо учитывать свойства, как верхнего, так и нижнего слоев.

**Таблица 1.**

Материал верхнего слоя покрытия (слоя износа)	Материал нижнего слоя покрытия (несущего слоя)	Общий уровень надежности	Срок службы, лет
Литой асфальт или смесь битумо-минеральная горячая литая марки ЛБС-МЖ	Смеси асфальтобетонные мелкозернистые горячие пористые марки I с содержанием щебня более 65%, Смеси асфальтобетонные крупнозернистые горячие с содержанием щебня более 65 %	0,96-0,99	14-18
Смеси асфальтобетонные щебеночно-мастичные горячие	Смеси асфальтобетонные мелкозернистые горячие пористые марки I с содержанием щебня более 65%, Смеси асфальтобетонные крупнозернистые горячие с содержанием щебня более 65 %. Бетоны на органомеханических вяжущих 3-й группы.	0,92-0,97	9-14

Материал верхнего слоя покрытия (слоя износа)	Материал нижнего слоя покрытия (несущего слоя)	Общий уровень надежности	Срок службы, лет
Смеси асфальтобетонные мелкозернистые горячие плотные типа А марки I с остаточной пористостью не более 3 %	Смеси асфальтобетонные мелкозернистые горячие пористые марки I с содержанием щебня более 65 %, Смеси асфальтобетонные крупнозернистые горячие с содержанием щебня более 65 % . Бетоны на органических вяжущих	0,91-0,96	8-12

При выборе материала покрытия проектная организация совместно с заказчиком назначает срок службы покрытия и по графикам получают уровень надежности. Используя таблицу 1, выбирают конструкцию покрытия.

**Срок службы (Т) и уровень надежности (Р)** являются основными базовыми параметрами для расчета дорожных одежд.

Рекомендуется принимать следующие сроки службы:

- дороги и улицы магистрального значения - 9-18 лет;
- дороги и улицы районного значения - 7-14 лет;
- жилые улицы, дороги и улицы местного значения - 4-10 лет.

Основанием для выбора конкретного срока службы является задание заказчика и технико-экономическое обоснование.

Материалы конструктивных слоев дорожных одежд, и особенно покрытия, должны обеспечить выполнение

следующих требований: 1. Сопротивление образованию пластических деформаций в летний период (сдвигоустойчивость); 2. Сопротивление образованию температурных трещин в зимний период (трещиностойкость); 3. Водо- и морозостойкость (коррозионная стойкость); 4. Способность выдерживать многократное воздействие транспортной нагрузки в течение расчетного срока службы (усталостная долговечность).

Общий уровень надежности верхнего слоя покрытия (слоя износа) определяется по условию:

$$P_{об} = \sqrt[4]{P_1 \times P_2 \times P_3 \times P_4} , \quad (1)$$

Для нижнего (несущего слоя):

$$P_{об} = \sqrt[3]{P_1 \times P_2 \times P_3} , \quad (2)$$

где  $P_1, P_2, P_3, P_4$  - частные уровни надежности по устойчивости материала покрытия пластическим, хрупким, усталостным и коррозионным деформациям.

Общий уровень надежности назначается проектной организацией по согласованию с заказчиком. Частные уровни надежности могут отличаться от общего и находиться в пределах:

$$P_1 \geq P_{об}; P_2 \geq 0,8 P_{об}; P_3 \geq 0,8 P_{об}; P_4 \geq P_{об}.$$

Значения частных уровней надежности по температурной трещиностойкости и усталостным деформациям ( $P_2$  и  $P_3$ ) могут принимать значения меньше  $P_{об}$ , однако в любом случае значения  $P_{об}$  не может быть меньше проектного. Достигается это за счет превышения  $P_1$  и  $P_4$  уровня  $P_{об}$ .

Реализуются вышеизложенные положения путем подбора состава смесей.

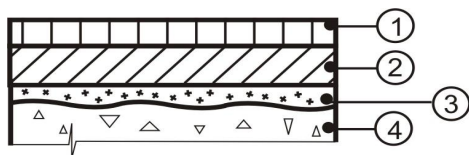
Процедура конструирования дорожной одежды включает:

- выбор материала покрытия;
- определение количества конструктивных слоев и выбор материалов;
- определение ориентировочной толщины конструктивных слоев;
- предварительную оценку необходимости назначения дополнительных морозозащитных мер, типа грунта рабочего слоя земляного полотна и схемы увлажнения рабочего слоя на различных участках;
- предварительную оценку необходимости назначения мер по устранению «отраженных дефектов» при капитальном ремонте и усилении конструкции;
- предварительный отбор конкурентоспособных вариантов с учетом местных природных и проектных условий работы.

Важным моментом конструирования дорожных одежд городских улиц является ввод определения и назначения выравнивающего слоя.

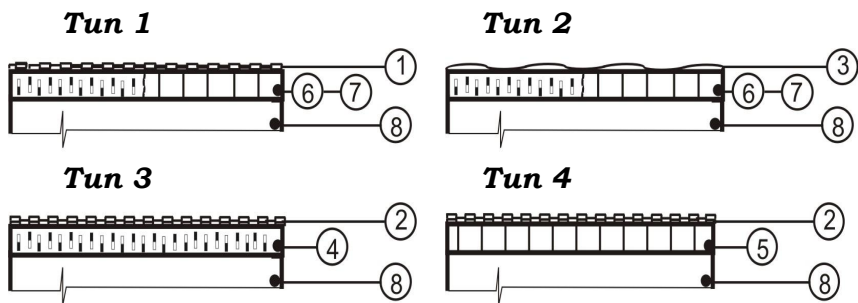
В конструкциях с основанием из несвязных материалов и двумя слоями покрытия, при фрезеровании старого покрытия, а также при неудовлетворительной ровности старого покрытия (в случае его сохранения) предусмотрен выравнивающий слой (рис. 1).

На участках разгона и торможения (перекрестках, остановках общественного транспорта) могут применяться конструкции повышенной сдвигоустойчивости (рис. 2).



1-верхний слой покрытия; 2-нижний слой покрытия;  
3-выравнивающий слой (асфальтобетон мелкозернистый типов Б, В, песчаный типа Г и др; 4-основание из несвязных материалов.

*Рисунок 1 - Конструкции с выравнивающим слоем: выравнивающий слой включают в расчет на прочность по его минимальной толщине.*



1-одиночная поверхностная обработка; 2-двойная поверхностная обработка; 3-слои Сларри-Сил; 4- бетон на органо-гидравлическом вяжущем; 5- асфальтобетон мелкозернистый пористый; 6-асфальтобетон мелкозернистый пористый; 7- бетон на органо-гидравлическом вяжущем; 8-нижележащие конструктивные слои.

*Рисунок 2 - Конструкции дорожных одежд повышенной сдвигустойчивости:*

- торможения и остановках общественного транспорта) и вертикальной нагрузки, равной 115 кН (на участках перегонов) по приближенному методу. Величина горизонтальной нагрузки составляет 75 % от вертикальной. Учет горизонтальной составляющей Изменена минимальная толщина конструктивных слоев на основе органических вяжущих.

Минимальная толщина конструктивного слоя зависит от размера и количества частиц наиболее крупной фракции (d) и принимается равной:

2,5d - при содержании фракции крупнее 5 мм более 60%;

1,5d - при содержании фракции крупнее 5 мм менее 60%.

**В кодексе конкретизировано понятие и методика определения расчетных характеристик материалов конструктивных слоев.**

Расчетные характеристики материалов конструктивных слоев делятся на прочностные и деформационные.

К прочностным характеристикам относят:

– предел прочности на изгиб при расчетной температуре и скорости нагружения;

– предельную структурную прочность, соответствующую максимально возможной прочности материала в широком диапазоне температур и скоростей нагружения;

– угол внутреннего трения;

– коэффициент удельного сцепления.

К деформационным характеристикам относят:

– модуль упругости при расчетной температуре и влажности.

Расчетные характеристики определяют на стадии подбора состава и контролируются при периодических испытаниях по упрощенной методике.

Допускается на стадии проекта и технико-экономического обоснования использовать усредненные расчетные характеристики грунтов и материалов слоев, представленные в Кодексе.

**Расчет дорожной одежды на прочность выполняют по 4-м критериям:**

1. Критерию упругого прогиба - эмпирическому параметру, полученному по данным длительных наблюдений за работой дорожных одежд;

2. Устойчивости монолитных слоев покрытия на действие транспортных нагрузок и погодноклиматических факторов;

3. Устойчивости слоев дорожной одежды и земляного полотна к накоплению недопустимых остаточных деформаций (сдвигоустойчивости).

4. Деформационной устойчивости и надежности материалов покрытия.

Дополнительно (при необходимости) проводят расчет на морозоустойчивость дорожной одежды и толщины дренирующего слоя.

Расчет по критерию упругого прогиба в целом остался традиционным. Отличие состоит в применении критерия накопленных осей. То есть расчет ведется не на расчетную суточную интенсивность, а на суммарную интенсивность за весь срок по методике принятой в РФ.

Целью расчета на сдвигоустойчивость является проверка соответствия свойств материалов условию его сдвигоустойчивости в дорожной одежде. При неудовлетворении требований прочности по сдвигу в материале необходима его замена более сдвигоустойчивым или изменение конструкции.

Материал слоев дорожной одежды рассчитывается на сопротивление сдвигу при длительном действии горизонтальной (на участках разгона нагрузки производится если суммарная интенсивность движения расчетных автомобилей на одну полосу превышает 500 авт/сут или при интенсивности движения общественного транспорта не менее 12 в час «пик»).

В результате определяется коэффициент запаса прочности:

$$K_s = \frac{k \cdot C}{\tau - |\sigma| \cdot \operatorname{tg} \varphi}, \quad (3)$$

где  $C$  - коэффициент удельного сцепления, определяемый экспериментально, или назначаемый по таблицам.



$\tau$  и  $\sigma$  - значения касательных и нормальных напряжений, определяемые по номограммам;

$tg\varphi$  - тангенс угла внутреннего трения материала слоя, определяемый экспериментально, или назначаемый.

$k$  - коэффициент, равный 0,8.

Полученное значение коэффициента запаса прочности должно быть не менее требуемого, зависящего от уровня надежности.

**Условие устойчивости материала покрытия на действие транспортной нагрузки и погодноклиматических факторов имеет вид:**

$$\Psi \leq [\Psi], \quad 4)$$

где  $\Psi$  - фактический уровень повреждаемости материала покрытия от действия транспортной нагрузки и погодноклиматических факторов;

$[\Psi]$  - предельно-допустимый уровень повреждаемости.

Значение  $[\Psi]$  принимают равным:

0,5 - для дорог общегородского значения;

0,6 - для дорог районного значения;

0,7 - для дорог местного значения и жилых улиц.

Для определения фактического уровня повреждаемости материала покрытия необходимо подготовить следующие исходные данные:

1. Суммарная интенсивность движения за весь срок службы, Напряжения в слое покрытия. - ( $\sigma$ , МПа);

2. Прочность материала на изгиб - ( $R_u$ , МПа);

3. Предельную структурную прочность - ( $R_c$ , МПа);

4. Срок до капремонта - ( $T$ , лет).

В целом, представленная в кодексе методика сохраняет принцип понятия сплошности монолитных

слоев. Однако имеются важные и принципиальные отличия.

1. При расчете суммарной интенсивности движения за весь срок службы учитывается «неравноценность» вклада в накопления повреждаемости воздействий в разный период года.

2. При расчете напряжений в верхних и нижних слоях учтен принцип смещения нейтральной оси и возможность появления растягивающих напряжений в верхней зоне слоя.

3. Более полный учет действия погодноклиматических факторов.

Важным отличием Кодекса является наличие раздела «Конструирование и расчет дорожных одежд городских улиц при реконструкции, капитальном ремонте и усилении»

В случае капитального ремонта и усиления дорожных одежд производят следующие виды работ:

Диагностику и обследование состояния дорожной одежды и покрытия;

На основании данных обследования принимают решение о сохранении, частичном или полном удалении материала старого покрытия;

Назначают конструктивные мероприятия по предотвращению «отраженных» дефектов;

Производят расчет дорожной одежды на прочность;

Проверяют деформационную устойчивость материала покрытия.

При обследовании состояния дорожной одежды и покрытия применяют визуальные и инструментальные методы с целью:

– установления уровня надежности и повреждаемости материала покрытия;

– оценки прочности существующей дорожной одежды;

– определения характеристик материала покрытия и конструктивных слоев (при необходимости).

Если уровень надежности с учетом уровня повреждаемости составляет менее 0,6 для магистральных улиц, 0,55 для улиц районного значения и 0,45 для жилых улиц и улиц местного значения, то материал старого слоя удаляется полностью.

При более высоких значениях рассматривается вариант сохранения старого покрытия (частично или полностью).

Глубина фрезерования определяют по номограмме в зависимости от толщины старого покрытия и среднего модуля упругости при температуре 0°C.

Снизить растягивающие напряжения можно за счет разделки трещины на определенную ширину с устройством трещинопрерывающей прослойки толщиной 2-3 см с последующим ее заполнением щебеночно-мастичной смесью.

Оценка прочности дорожной одежды производится путем непосредственного измерения, либо при известной конструкции дорожной одежды расчетом. При этом, полученное значение модуля умножают на уровень надежности материала с учетом достигнутой повреждаемости.

Если материал покрытия используется не полностью (фрезеруется), то модуль упругости получают по формуле.

$$E = E_u P_{об} - \Delta E, \quad (5)$$

где  $E_u$  - модуль материала покрытия, замеренный в лаборатории после отбора проб материала или расчетом.

$P_{об}$  - уровень надежности с учетом уровня повреждаемости.

$\Delta E$  - снижение общего модуля за счет фрезерования покрытия, определяемое по номограмме в зависимости от толщины фрезерования и значения модуля  $E_u P_{об}$ .

## **Выводы**

В целом, введение нового кодекса позволило более обоснованно принимать проектные решения, расширить номенклатуру применяемых материалов, обоснованно планировать сроки ремонтов. По сравнению с применяемыми ранее методиками, капитальность дорожной одежды (соответственно стоимость) возрастают на 5-10%. Увеличение толщины в основном связано с критерием сдвигоустойчивости. Такая ситуация требует направить научные исследования именно на создание материалов повышенной прочности при высоких температурах.