

**Н.В. Приймак, В.Н. Ряпухин**

## **УТОЧНЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ ПРИ ОЦЕНКЕ ПРОЧНОСТИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД**

Существующие нормы на проектирование нежестких дорожных одежд [1] содержат в себе ряд устоявшихся моментов, которые требуют корректировки и уточнения. Расчетная схема на прочность при изгибе промежуточных монолитных слоев предполагает наиболее опасной совместную работу слоев на контакте [1], [2]. Предусматривается замена верхних слоев покрытия средневзвешенным слоем [1], поэтому теряется реальное соотношение модулей упругости смежных слоев и их жесткости. Также существующая методика расчета предполагает, что изменение модулей упругости по глубине носит относительно плавный характер.

В процессе эксплуатации дорожной одежды условия на контакте слоев могут изменяться как в сторону увеличения сцепления, так и наоборот. Изменение модулей упругости по глубине конструкции также может носить скачкообразный характер и даже возрастать. В связи с этим необходимо провести специальные исследования для изучения воздействия на напряженное состояние конструкции различных условий сопряжения смежных слоев и взаимовлияния слоев разной жесткости, так как действующий метод конструирования и расчета дорожных одежд не представляет возможным учесть влияние на работу конструкции указанных факторов.

Для уточнения расчетной схемы при оценке прочности дорожных одежд необходимо проверить утверждение, что для промежуточных монолитных слоев во всех случаях опасной является совместное перемещение слоев на контакте (спаянные слои) [1].

Если это положение не всегда подтверждается, то установить область применения данного условия.

В зависимости от того, какой будет контакт между верхними слоями и монолитным промежуточным слоем, напряжения могут изменяться в широком диапазоне, переходя от растягивающих к сжимающим.

При "абсолютном сцеплении" слоев растягивающие напряжения воспринимаются нижним слоем, причем верхняя поверхность нижнего слоя может находиться в сжатом состоянии. При свободном контакте слоев каждый из них отдельно воспринимает как растягивающие, так и сжимающие напряжения.

Методами математического моделирования необходимо оценить влияние жесткости промежуточного монолитного слоя, взаимного расположения слоев и закономерности изменения эпюры модулей упругости по глубине на напряженно-деформированное состояние слоистой системы.

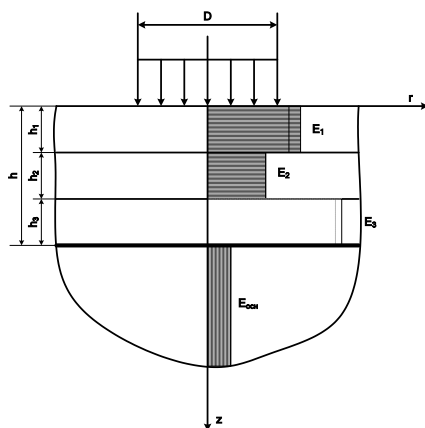
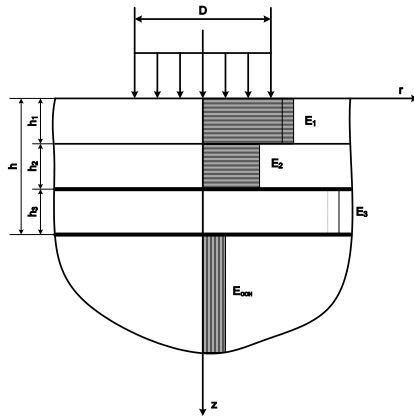


Рисунок 1 - Расчетная схема дорожной одежды со спаянным контактом сверху промежуточного слоя, свободным контактом снизу



*Рисунок 2 - Расчетная схема дорожной одежды со свободным контактом сверху и снизу промежуточного слоя*

Для математического моделирования были выбраны разные расчетные схемы дорожной конструкции, на базе которых был проведен анализ напряженно-деформированного состояния при различных параметрах конструкции. Изучалось влияние условий работы на контакте (спаянные или свободные контакты покрытия с промежуточным монолитным слоем), влияние толщины и модуля упругости (жесткости) слоев на напряженно-деформированное состояние всей конструкции.

Расчетная схема для данной модели была взята следующая: пакет из трех слоев общей толщиной  $h$  лежит на однородном полупространстве (рис. 1).

Нумерацию слоев ведется сверху вниз, начиная с первого, упругое полупространство назовем основанием. Для решения задачи была выбрана следующая конструкция: модули упругости верхних монолитных слоев постоянные  $E_1 = 5000$  МПа,  $E_2 = 3000$  МПа, толщина слоев  $h_1 + h_2$  изменяется от 6 до 54 см. Модуль упругости третьего нижнего слоя переменный от  $E_3 = 300$  МПа до  $E_3 = 11000$  МПа. Толщина третьего слоя постоянна  $h_3 = 15$  см. Принято

отношение всего пакета слоев  $h_1 + h_2 + h_3$  к диаметру отпечатка колеса автомобиля  $D$  в пределах  $h/D$  от 0,4 до 2 при  $D = 34,5$  см.

Напряжения при изгибе (растягивающие или сжимающие) определялись по двум расчетным схемам (спаянный и свободный контакты между 2-ым и 3-им слоями).

Поскольку ВБН В.2-218-186-2004 по расчету нежестких дорожных одежд берет в основу, что наиболее опасной является совместная работа слоев, то растягивающие напряжение низа покрытия при условии спаянного контакта между слоями определяем по ВБН В.2-218-186-2004. В диапазоне, где расчеты напряжений невозможны (отношение  $h/D$  до 0,4 и  $E_{ср}/E_3$  больше 100) и для условий раздельной работы на контакте слоев, расчеты велись по программе, разработанной на основе решений проф. Плевако В.П. и Ряпухина В.Н. [3], [4].

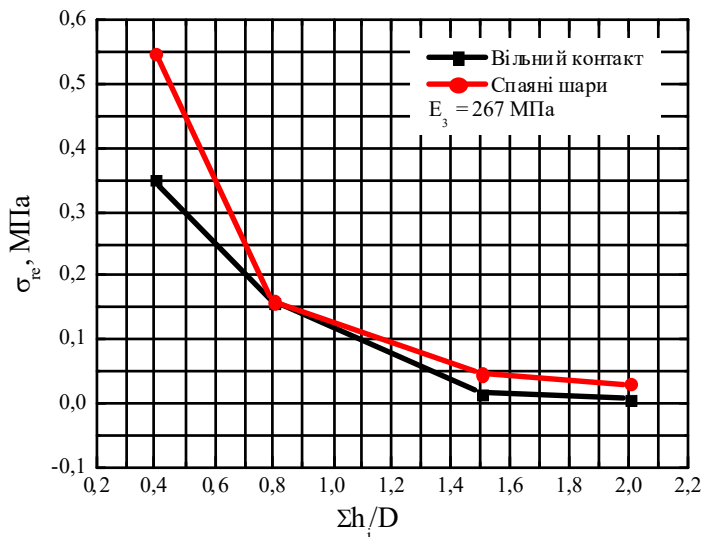
Результаты расчета представлены в таблицах (таб.1, таб.2) и на графиках (рис. 4-7).

**Таблица 1** - Значение растягивающих напряжений ( $\sigma_e$ ) при свободном контакте слоев

E <sub>з</sub> , МПа	h/D			
	0,4	0,8	1,5	2
267	0,35	0,158	0,016	0,006
600	0,802	0,369	0,042	0,017
800	1,044	0,487	0,058	0,023
1000	1,268	0,585	0,073	0,029
2000	2,183	1,003	0,146	0,059
4000	3,421	1,539	0,279	0,116
6000	4,264	1,905	0,398	0,169
8000	4,899	2,164	0,506	0,219
11000	5,407	2,45	0,652	0,29

**Таблица 2** - Значение растягивающих напряжений ( $\sigma_e$ ) при спаянном контакте между слоями

$E_3$ , МПа	$h/D$			
	0,4	0,8	1,5	2
267	0,549	0,162	0,045	0,028
600	0,979	0,399	0,099	0,053
800	1,157	0,351	0,103	0,121
1000	1,303	0,535	0,149	0,082
2000	1,806	0,746	0,235	0,135
4000	2,431	1,102	0,451	0,253
6000	2,894	1,181	0,414	0,249
8000	3,284	1,33	0,471	0,284
11000	3,788	1,518	0,542	0,328



*Рисунок 4 - Зависимость растягивающего напряжения ( $\sigma_e$ ) по подшиве нижнего монолитного слоя от относительной величины  $h/D$  ( $E_3 = 267$  МПа) при различных условиях на контакте слоев*

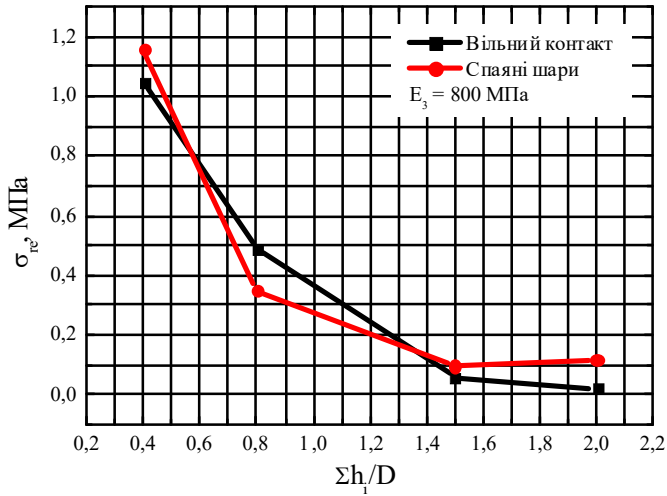


Рисунок 5 - Зависимость растягивающего напряжения ( $r_e$ ) по подошве нижнего монолитного слоя от относительной величины  $h/D$  ( $E_3 = 800 \text{ МПа}$ ) при различных условиях на контакте слоев

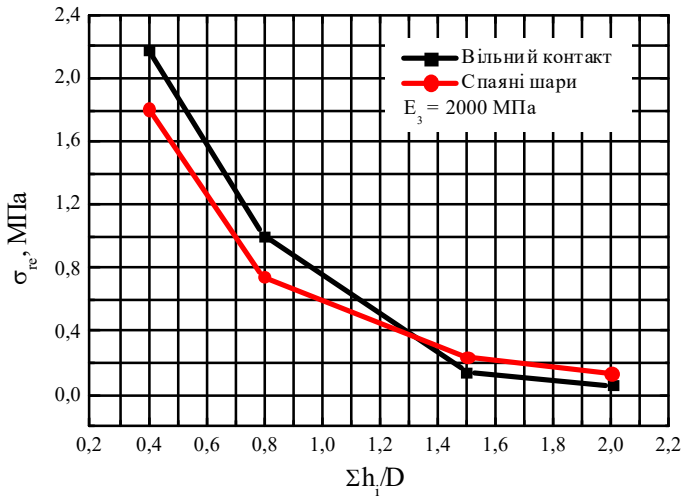


Рисунок 6 - Зависимость растягивающего напряжения ( $r_e$ ) по подошве нижнего монолитного слоя от относительной величины  $h/D$  ( $E_3 = 2000 \text{ МПа}$ ) при различных условиях на контакте слоев

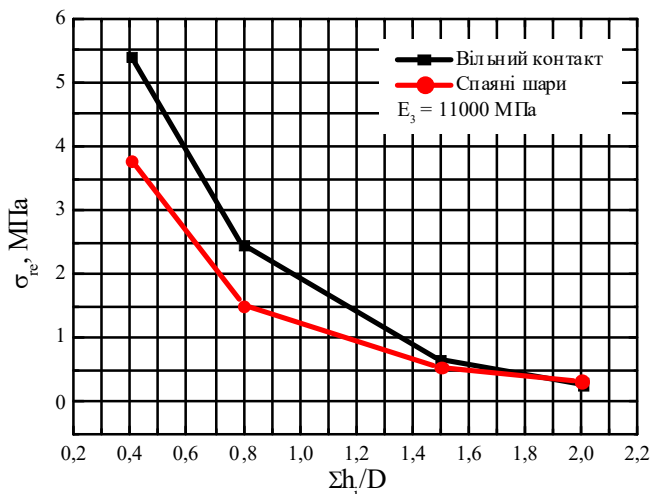


Рисунок 7 - Зависимость растягивающего напряжения ( $r_e$ ) по подошве нижнего монолитного слоя от относительной величины  $h/D$  ( $E_3 = 11000$  МПа) при различных условиях на контакте слоев

Анализ полученных зависимостей (рис.4-7) убедительно свидетельствует, что в зависимости от толщины и жесткости вышележащих слоев для промежуточного монолитного слоя опасной может быть и спаянный, и свободный контакт. При  $E_3=267$  МПа и  $E_3=600$  МПа (рис.4) спаянный контакт и совместная работа пакета слоев создает для промежуточного монолитного слоя более опасные условия. Этим самым как бы подтверждается общепринятая расчетная схема. Но при возрастании модулей упругости промежуточного слоя ( $E_3=800$  МПа и  $E_3=1000$  МПа) (рис.5) картина напряженного состояния конструкции меняется и спаянные слои не всегда наиболее опасны. При отношении  $h/D$  до 0,6 (рис.5) опасной является совместная работа слоев, при  $h/D$  от 0,6 до 1,3 опасной будет схема со свободным контактом промежуточного слоя, с увеличением  $h/D$  более 1,3 «спаянный» слой снова становится наиболее опасным.

Влияние жесткости (модуль упругости и толщина) промежуточного монолитного слоя начинает существенно проявляться при  $E_3 > 2000$  МПа (рис.6, рис.7).

В пределах реальных толщин верхнего пакета слоев дорожной одежды ( $h/D$  до 1,3 - 1,5, т.е.  $h = 44 - 51$  см) более опасен свободный контакт, и чем больше величина  $E_3$ , тем больше величина реальных растягивающих напряжений. При толстых верхних слоях влияние жесткости промежуточного монолитного слоя исчезает и величина растягивающих напряжений по подошве слоя практически не зависит от типа контакта слоев.

Следует предположить, что установленные закономерности напряженного состояния омоноличеного или со свободными контактами пакета слоев зависит от соотношения жесткости верхнего пакета слоев и жесткости промежуточного слоя. Толщины или модули упругости этих элементов в отдельности могут недостаточно объективно характеризовать общую картину.

Если проанализировать жесткости вышележащего пакета слоев к жесткости промежуточного слоя, то из этого следует:

- если жесткость вышележащего пакета слоев в 20 и более раз больше, всегда более опасной является совместная работа слоев;

- если отношения жесткости пакета слоев и промежуточного слоя находятся в пределах 4 - 15, то более опасной является раздельная работа слоев (свободный контакт);

- в диапазоне отношений жесткости 1 - 3 нет однозначного вывода, так как опасной может быть как совместная, так и раздельная работа слоев.



## **Выводы**

При выборе расчетной схемы расчета нежестких дорожных одежд на прочность необходимо увязывать параметры конструкции и условия работы промежуточных монолитных слоев на контактах. Для конструкций с мощным пакетом верхних слоев (толстые, высокопрочные слои) всегда условиями следует принимать спаянный контакт (омоноличенные слои).

При перепаде жесткостей пакета верхних слоев и промежуточного слоя 4-15 более опасен свободный контакт. Такая закономерность характерна, в основном, конструкциям со средней толщиной верхних слоев (15-25 см) и промежуточным монолитным слоем с модулем более 1500 МПа.

Наиболее неопределенным является случай, когда мы имеем дело с двумя равнопрочными элементами: пакет верхних слоев и промежуточный монолитный слой. В этом случае необходимо тщательно анализировать как модуль упругости, так и толщины каждого слоя.

С появлением дорожно-строительных материалов с новыми прочностными свойствами, новые технологические решения и приемы позволяют создавать конструкции, которые существенно могут отличаться от ранее принятых конструктивных решений. Качество и надежность таких дорожных одежд будет зависеть от того, насколько правильно учтены взаимодействия в конкретной конструкции и обосновано принята расчетная схема. Кроме того имеется возможность и необходимо целенаправленно регулировать жесткость отдельных элементов, максимально используя прочностные и деформативные свойства слоев конструкции.

## **Литература**

**1. ВБН В.2-218-186-2004** «Дорожній одяг нежорсткого типу». - Київ: Укравтодор, 2004.

**2. Конструирование** и расчет нежестких дорожных одежд /Под ред. Н.Н Иванова. - М.: Транспорт, 1973. - 328 с.

**3. Плевако В.П., Ряпухин В.Н.** Совершенствование метода расчета нежестких дорожных одежд // Вестник Харьковского государственного автомобильно-дорожного технического университета., 1999. - вып. 9. - С. 51-56.

**4. ВБН В.2.3-218-008-2005** «Проектування і будівництво жорстких та з жорсткими прошарками дорожніх одягів». - Київ: Укравтодор, 2005 (проект).