

ЛЕКЦІЯ №2

**з дисципліни ВС.3 “Механіка дорожніх одягів”
для спеціальності 192 «Будівництво та цивільна
інженерія»**

**за спеціалізацією “Технології будівельних
конструкцій, виробів і матеріалів”.**

Лектор:

професор, доктор технічних наук

Мозговий Володимир Васильович

(завідувач кафедри дорожньо-будівельних
матеріалів і хімії, д.т.н., професор)

Тема лекції № 2

**РОЗРАХУНКОВА СХЕМА
ДОРОЖНЬОГО
ОДЯГУ ТА ЇЇ РОЗВИТОК**

План лекції №2

- 1. Емпіричні методи розрахунку дорожніх одягів.**
- 2. Аналітичний метод. Розрахункова схема дорожнього одягу.**

Методи розрахунку дорожнього одягу поділяються на емпіричні та аналітичні

1 ЕМПІРИЧНІ МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ

На ранньому доісторичному етапі проектування і будівництва доріг використовувались емпіричні методи призначення товщин дорожнього одягу на основі досвіду, що виходив із проб і помилок. Наприклад, дорога римської імперії.

Сучасні емпіричні методи розрахунку виходять із загальних теоретичних уявлень та базуються на закономірностях, встановлених в результаті натурних експериментів і обстежень.

Найбільш масштабний і дорогий експеримент по випробуванню дорожнього одягу був проведений у 1958-62 р., у США. Американською асоціацією державних дорожніх спеціалістів (AASHO).

Мета випробування: чисто експериментально, без яких-небудь теоретичних передумов встановити зв'язок між навантаженням на вісь G, заданим числом проїздом до руйнування $N\Sigma$ та необхідною товщиною дорожнього одягу H.

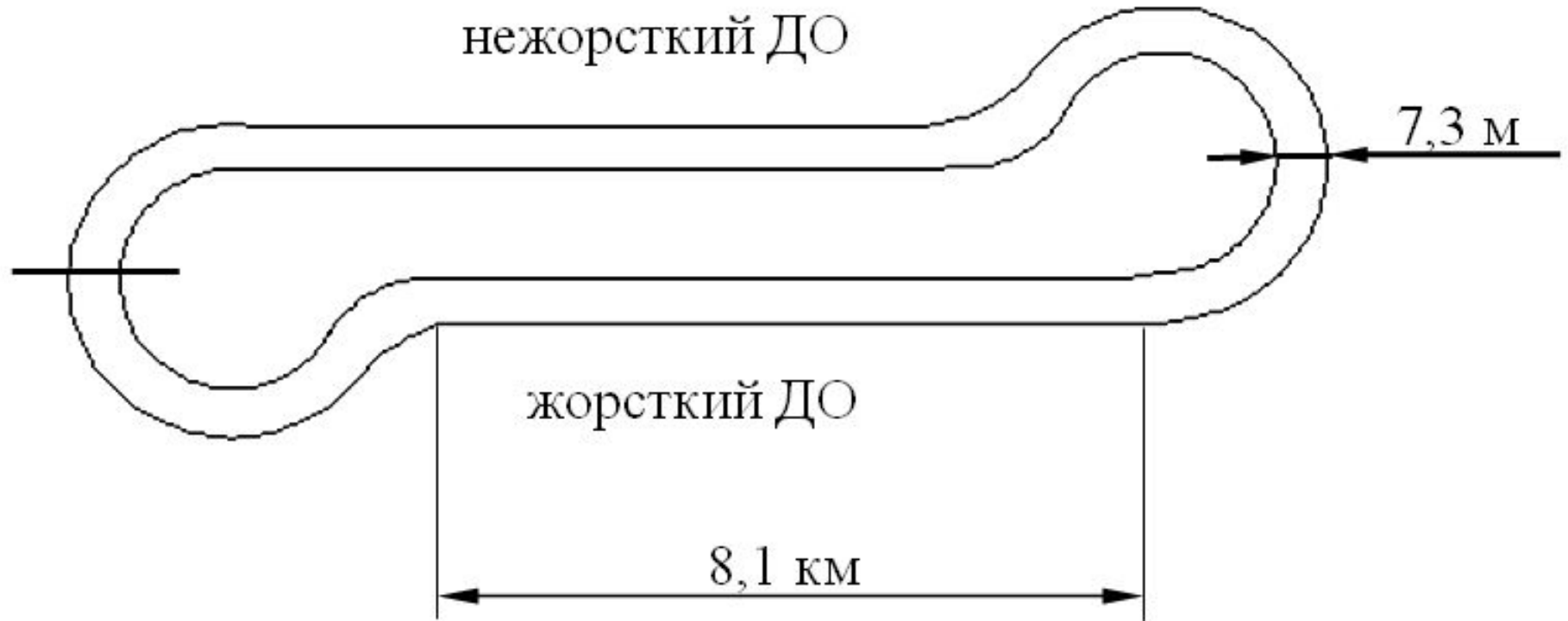
Об'єми дослідження: 240 конструкцій нежорсткого дорожнього одягу та 272 жорсткого дорожнього одягу, усього 512 типів конструкцій.

Навантаження від 9 до 136 кН на одиночну вісь і від 109 до 218 кН на здвоєні осі.

Щоб дорожні одяги приблизно відповідали навантаженням зразки матеріалів і ґрунту попередньо відправляли в декілька штатів для випробування та розрахунку товщини.

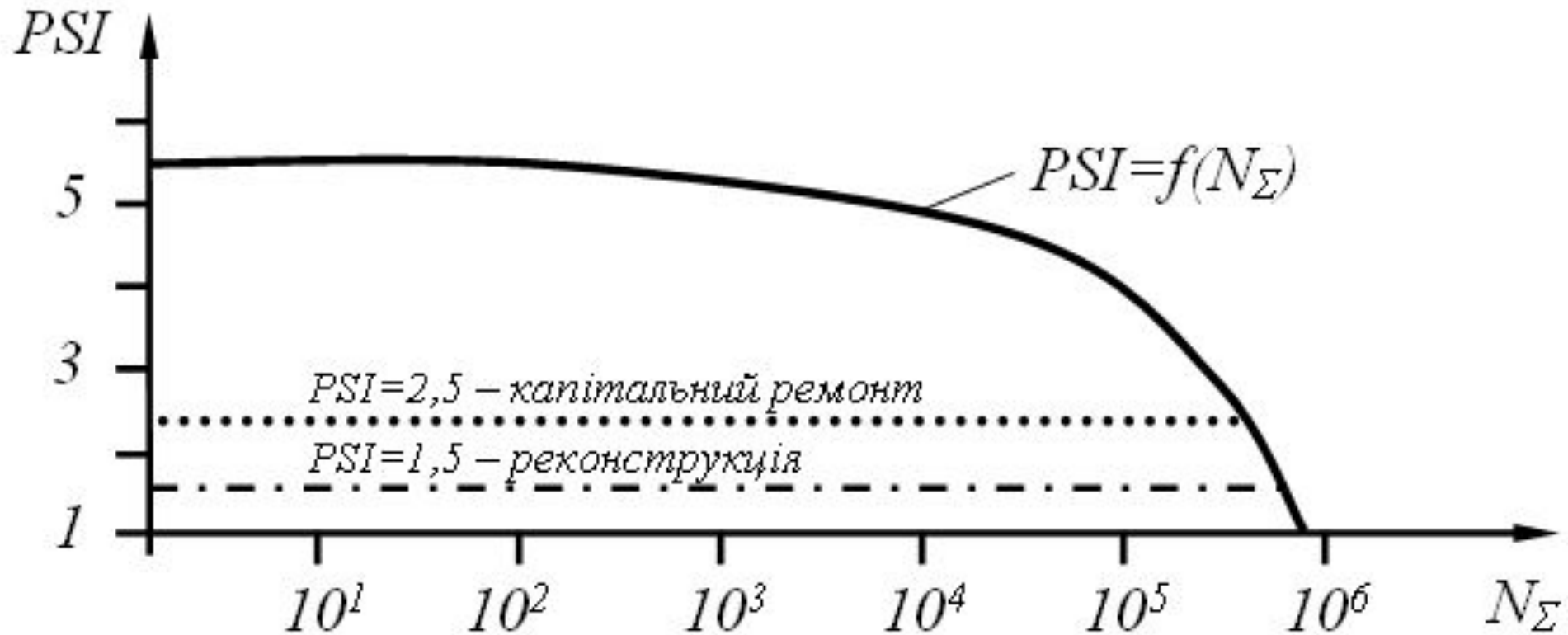
Методика дослідження: полігон у 80 км. від Чикаго, 6 експериментальних доріг «петель».

Рух було організовано так, що по одній смузі кожної петлі проїжджали автомобілі з визначеним осьовим навантаженням. У ході дослідів загальний стан кожної секції оцінювали по п'ятибальній шкалі, користуючись показанням PSI: 4 і 5 - дуже добре; 3-4 - добре; 2 і 3 - посередньо; 1-2 – погано.



Не рідше ніж 1 раз у 2 тижні оцінювали стан кожної секції після збільшення сумарного числа проїздів.

Випробування рухом проводили до стану, що відповідає $PSI=1,5$ або до $N_{\Sigma}=10^6$.



Після обробки результатів встановлено зв'язок:

$$PSI = 5 - 1,9 \lg(1 + \Delta i_{cp}) - 0,01 \sqrt{C + P} - 0,002 d^2$$

де: Δi_{cp} - середня зміна поздовжнього ухилу;

**$C+P$ - площа із тріщинами і ямковим ремонтом,
м²/1000м²;**

d - середня глибина колії, мм.

Результати випробувань дозволили отримати наступне.

Довговічність дорожнього одягу при даному навантаженні Q залежить не від загальної товщини $H_{заг}$, а від приведеної:

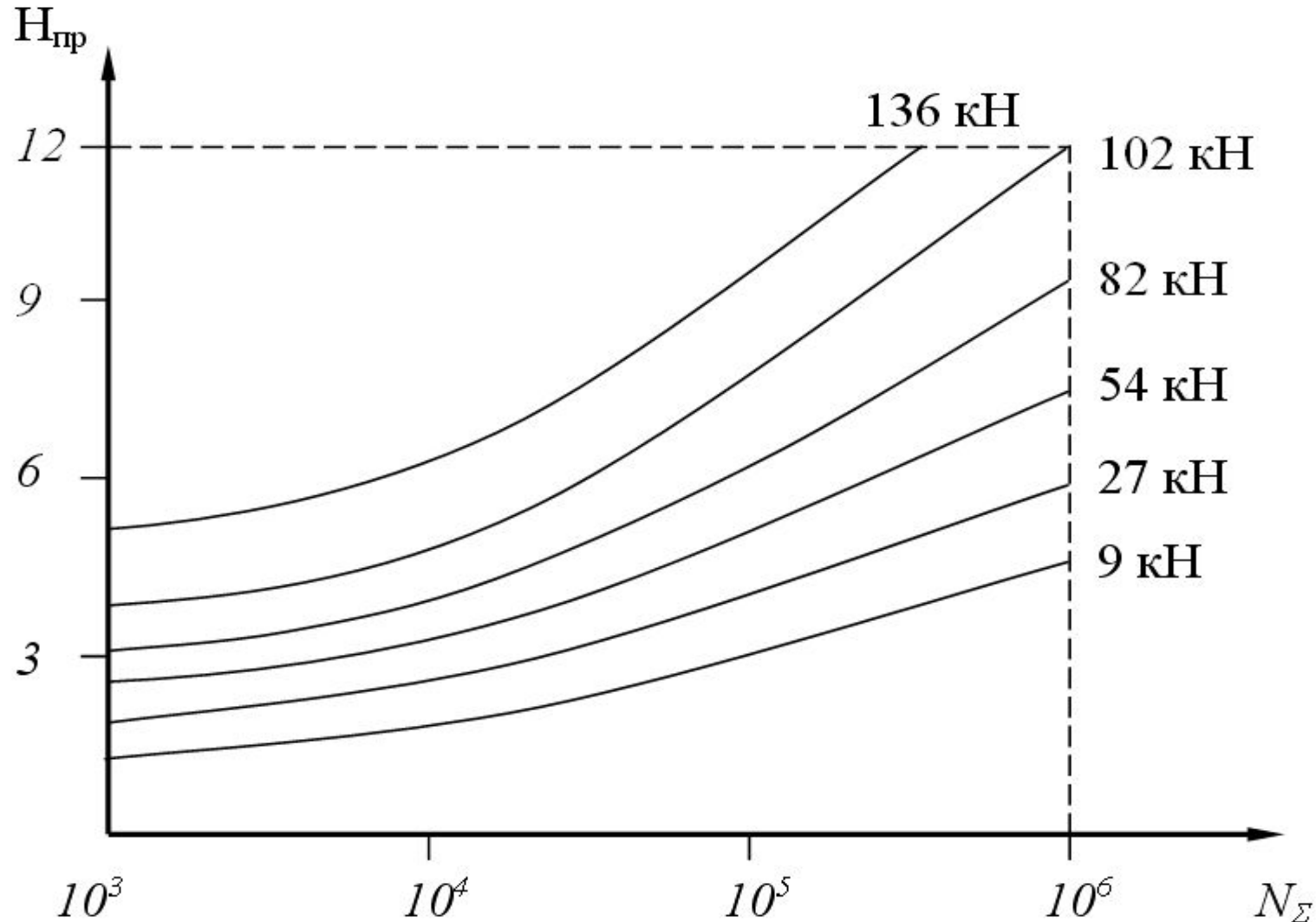
$$H_{пр} = a_1 h_1 + a_2 h_2 + a_3 h_3, \quad (1)$$

де a_i - безрозмірний коефіцієнт, що залежить від матеріалу шару: для а/б - 0,44; для щебеню - 0,14; для гравійно-піщаної суміші - 0,11, тобто:

$$H_{пр} = 0,44 \cdot h_1 + 0,14 \cdot h_2 + 0,11 \cdot h_3, \quad (2)$$

де h_i – товщина шару в см.

Розроблені номограми для розрахунку нежорстких і жорстких дорожніх одягів. Наприклад, для розрахунку нежорсткого дорожнього одягу вона має вигляд:



Для розрахунку товщини, наприклад, основи зі щебеню - h_2 , задаються конструктивно товщинами покриття $h_1 = 8$ см та додаткової основи $h_3 = 30$ см для $Q = 102$ кН. За номограмою - $H_{\text{пр}} = 12$ см, тоді на основі (2):

$$12 = 0,44 \cdot 10 + 0,14 \cdot h_2 + 0,11 \cdot 45 \rightarrow h_2 = 19 \text{ см}$$

Однак, емпіричні методи мають і недоліки:

- показник НПР є адитивним;**
- результати отримуються лише стосовно природніх умови і ґрунту випробовувального полігону;**
- неможливий прогноз для інших навантажень і умов (інші колісні схеми, глибина промерзання, опади та ін.);**
- невідомо, як веде себе конструкція після підсилення.**

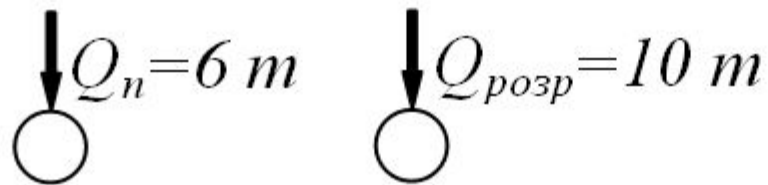
Згодом результати AASHO використовували :

для визначення коефіцієнтів приведення до розрахункового навантаження: S_n -коефіцієнт приведення навантаження Q_n від колеса до розрахункового навантаження $Q_{розр}$:

$$S_n = (Q_n / Q_{розр})^{4,4} \quad (3)$$

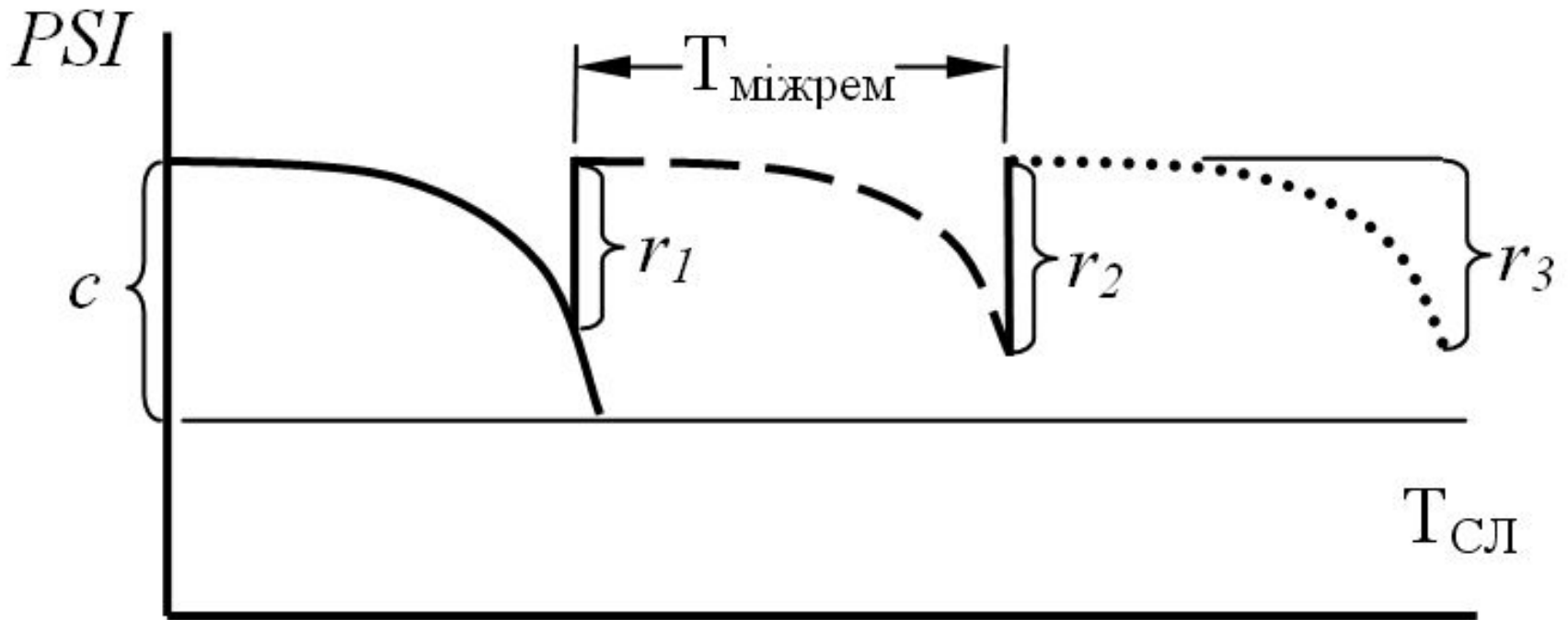
Наприклад,

$$S_n = (6/10)^{4,4} = 0,1$$

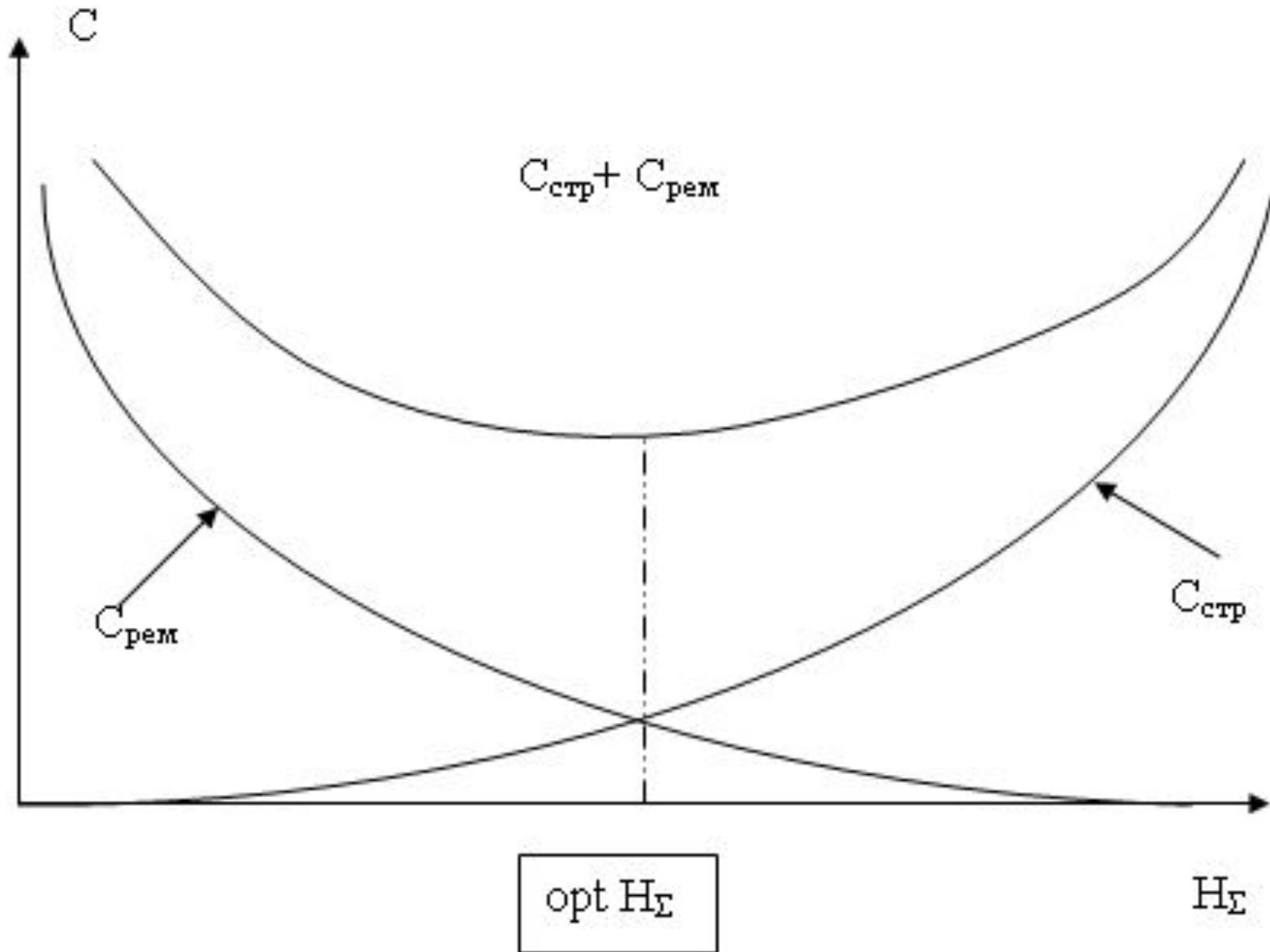


- для розробки системи управління станом дорожнього одягу.

Побудова моделі деградації



Оптимізація витрат

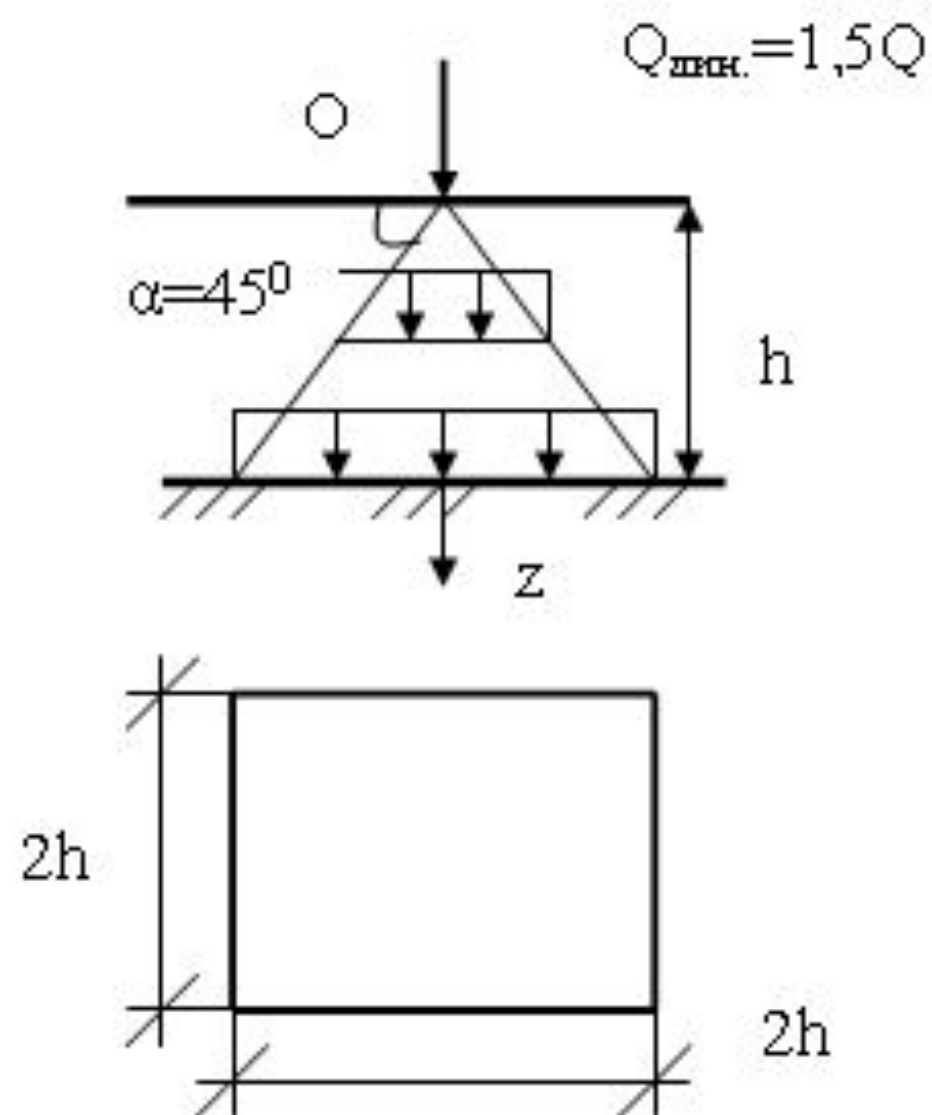


2 АНАЛІТИЧНИЙ МЕТОД. РОЗРАХУНКОВА СХЕМА ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

Під розрахунковою схемою конструкції розуміють її механіко-математичну модель для визначення НДС конструкції і сукупність критеріїв граничного стану елементів конструкції.

Наприклад, механіко-математичною моделлю залізобетонного перекриття може бути прийнято плиту, що обперта по контуру, із рівномірно розподіленим навантаженням, причому ця модель містить відомі формули для визначення напружень, деформацій і переміщень плити. У якості критеріїв граничного стану перекриття можна прийняти розтягуючі напруження в арматурі та найбільший прогин.

Перш розрахункова схема була запропонована в 1901 році інженером Вилей. Приймаємо, що навантаження від колеса передається на поверхню дорожнього покриття в одній точці (причому з урахуванням коливання $Q_{\text{дин}} = 1,5Q_{\text{ст}}$.) та рівномірно розподіляється в межах кута 45° на квадратну площадку. Товщину h визначали з умови, щоб тиск на ґрунт не перевищував значень, що допускаються для цього ґрунту



$\sigma_z(z=h) \leq [\sigma_z]$ критерій граничного стану.

$$\text{Тоді } \sigma_z(z=h) = Q_{\text{дин.}} / 2h \times 2h = Q_{\text{дин.}} / 4 h^2$$

$$\text{Якщо } \sigma_z(z=h) \leq [\sigma], \text{ то } Q_{\text{дин.}} / 4 h^2 = [\sigma],$$

$$h = \sqrt{Q_{\text{дин.}} / 4 [\sigma]} = 1/2 \sqrt{Q_{\text{дин.}} / [\sigma]} \quad (5)$$

Ця формула дозволить уже зробити ряд висновків:

Необхідна товщина приблизно пропорційна $h = Q_{\text{дин.}}^{1/2}$;

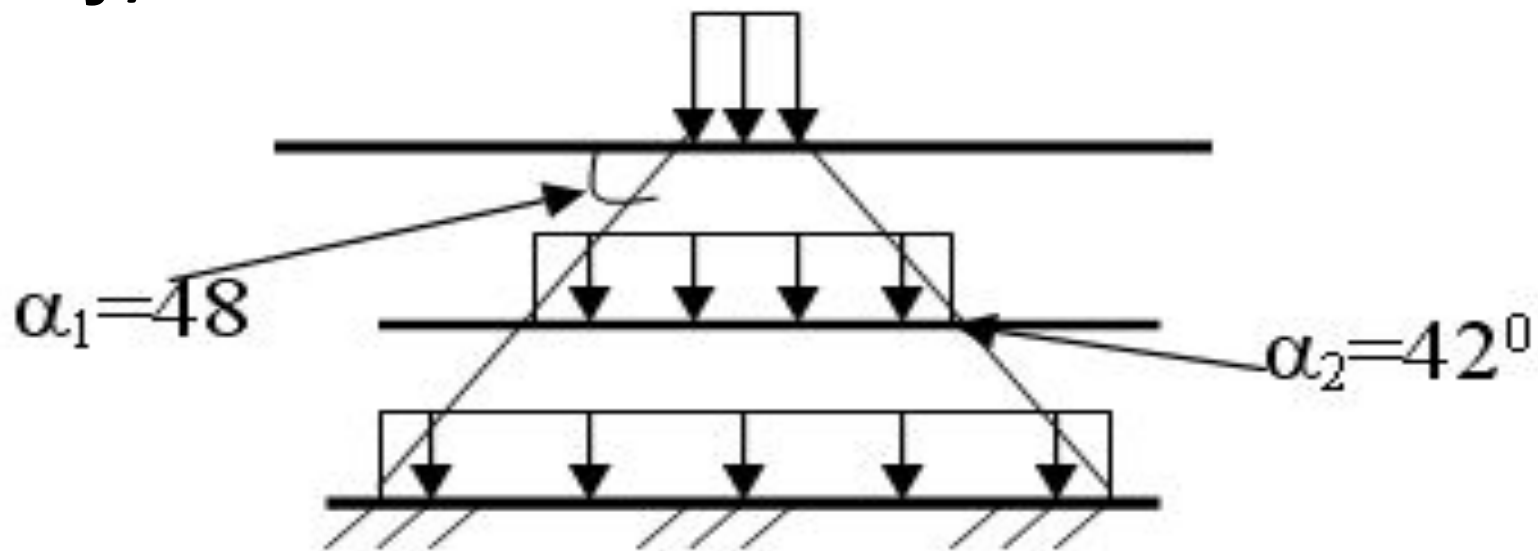
Необхідна товщина приблизно обернено пропорційна $h = [\sigma]^{-1/2}$

Звідси можливо грубо оцінити необхідне підсилення при збільшенні допустимого максимального осьового навантаження і збільшення товщини дорожнього одягу на слабкому ґрунті.

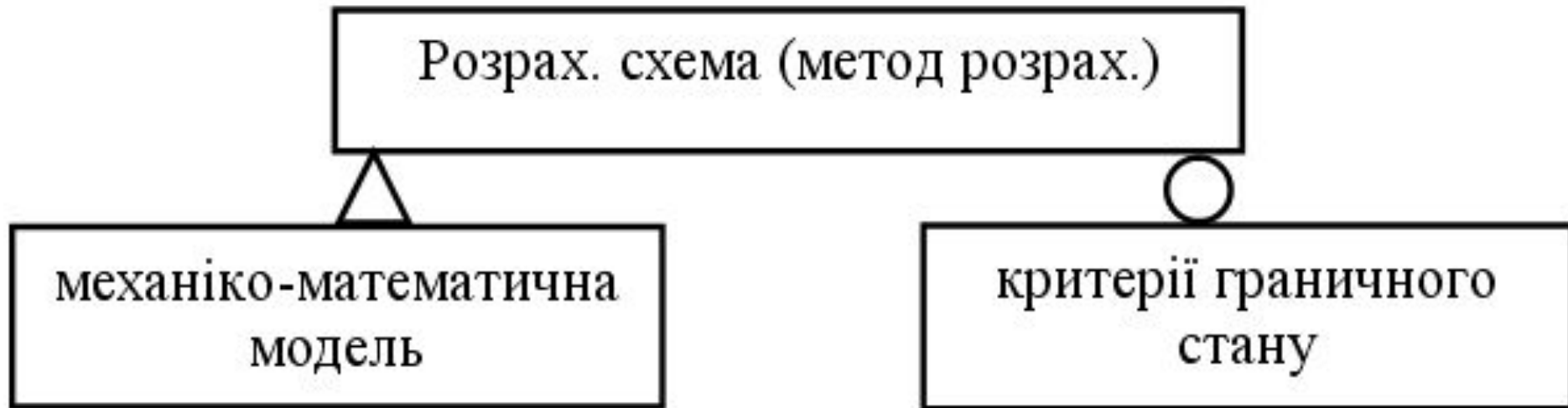
Приклад: $Q=50$ кН, $[\sigma]=0,1$ МПа, $h=0,43$ м.

Спроби удосконалити цю розрахункову схему:

- Тиск розподіляється не по квадратній площадці, а по круговій;
- Прикладене не зосереджене навантаження, а розподілене по площі кола (це дає можливість врахувати тиск у шинах)
- Спроба врахувати вартість;
- Епюру тиску в ґрунті на одному горизонтальному рівні має форму дзвону (колоколу).



Дана схема була відправною точкою для подальших досліджень, на основі яких розроблені сучасні методи розрахунку дорожнього одягу. Як видно існують дві головні складові розрахункової схеми: теорія НДС (механіко-математична модель) і критерії граничного стану.



Механіко-математична модель дає рівень НДС, що має бути менше свого допустимого значення за відповідним критерієм граничного стану.