

Національний транспортний університет
Міністерства освіти і науки України

Національний транспортний університет
Міністерства освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ГАРКУША МИКОЛА ВАСИЛЬОВИЧ

УДК 625.7/.8

ДИСЕРТАЦІЯ

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ОЦІНКИ СТІЙКОСТІ ПОКРИТТЯ НЕЖОРСТКОГО ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ ДО УТВОРЕННЯ КОЛІЇ ДОДАТКИ

05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми

Архітектура та будівництво

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень.

Використання ідей, результатів і текстів інших
авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ М. В. Гаркуша

Науковий керівник –
Онищенко Артур Миколайович
доктор технічних наук,
доцент

Ідентичність усіх примірників дисертації

Засвідчую

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради Д 26.059.02

_____ В. І. Каськів

Київ – 2019

ЗМІСТ

ДОДАТОК А	Критерії та методи оцінки стійкості асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу до утворення колії.....	3
ДОДАТОК Б	Дані експериментальних досліджень матеріалів.....	25
ДОДАТОК В	Приклад розрахунку за удосконаленою методикою оцінки стійкості асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу до утворення колії.....	63
ДОДАТОК Г	Методичні вказівки для приготування ґрунтових, ґрунтово-піщаних, щебенево-піщаних та щебених сумішей, оброблених мінеральним, органічним або комплексним в'язучим, визначеного розрахунками складу для наукових досліджень	74
ДОДАТОК Д	Методика розрахунку в літній період на стійкість до зсуву ґрунту земляного полотна, зернистих та слабозв'язаних матеріалів конструкцій дорожнього одягу нежорсткого типу для підвищення стійкості асфальтобетонного покриття до утворення колії.....	82
ДОДАТОК Е	Приклад розрахунку економічної ефективності застосування дисертаційних досліджень.....	86
ДОДАТОК Ж	Конструкції нежорсткого дорожнього одягу підвищеної стійкості до утворення колії.....	92
ДОДАТОК И	Довідки про впровадження результатів розробок.....	102
ДОДАТОК К	Список публікацій здобувача за темою дисертації.....	125

ДОДАТОК А

Критерії та методи оцінки стійкості асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу до утворення колії

Таблиця А.1 – Критерії та методи оцінки колієстійкості асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу

Критерії та методи	Порядковий номер формули	Автор / дослідник	Посилання
1	2	3	4
$R_v(t) = \text{const} = \frac{E_o}{3 \cdot (1 - 2\mu_o)}$ де E_o, μ_o – пружньо-миттєві значення модуля пружності і коефіцієнта Пуассона.	(A.1)	Радовський Б.С., Супрун А. С., Титаренко А. М.	[32, 34, 35]
$R_c(t) = 2 \left(G_\infty + \sum_{i=1}^M G_i \cdot l^{-\frac{t}{T_{si}}} \right)$ де $G_\infty = \frac{E_\infty}{2 \cdot (1 + \mu_\infty)}$ – тривалий модуль зсуву; E_∞, μ_∞ – тривалий модуль поздовжньої пружності і коефіцієнт Пуассона; T_{si} – заздалегідь призначений час релаксації; G_i – коефіцієнти, що визначаються на основі даних про функції релаксації шару або ґрунту земляного полотна, число доданків M прийнято від 2 до 10, залежно від обрисів функції релаксації для матеріала даного шару.	(A.2)	Радовський Б.С., Супрун А. С., Титаренко А. М.	[32, 34, 35]

Продовження таблиці А.1

Критерії та методи	Порядковий номер формули	Автор / дослідник	Посилання
1	2	3	4
$R_{cm.p} = \frac{2 \cdot \sigma \cdot h \cdot \gamma}{D \cdot \operatorname{tg} \cdot \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right)}$ де h – товщина шару бітумомінерального матеріалу; φ – кут внутрішнього тертя; D – діаметр відбитку колеса; γ – коефіцієнт перевантаження.	(A.3)	Іванов Н.Н.	[74]
$\gamma = \frac{n}{\eta} \cdot \sigma \cdot t_n$ де n – кількість прикладеного навантаження; σ – напруження, Па; t_n – час прикладання навантаження; η – в'язкість, Па*сек.	(A.4)	Гезенцвей Л.Б.	[5]
$\frac{h}{D} = \frac{\lg T}{2 \cdot \left(\frac{R_{50}}{C} \cdot \lg \frac{2\theta}{K_p} + \frac{R_{50}}{P_0} - \sqrt{\frac{E_1}{E_2}} - 1,25 \cdot 10^{\frac{F_n}{F_t}} \right)}$ де D – діаметр відбитку колеса, м; T – заданий термін служби, роки; R_{50} – межа міцності асфальтобетону при 50 °С, МПа; C – коефіцієнт ($C=9,1$ МПа); $\theta = \eta/E$ – час релаксації асфальтобетону, с; $K_p = P_1/P_2$ – кінетична характеристика асфальтобетону (як правило, визначається за номограмами), де $E_{1,2} = -\frac{\theta + 0,5\tau}{\theta \cdot \tau} \pm \sqrt{\left(\frac{\theta + 0,5\tau}{\theta \cdot \tau} \right)^2 - \frac{1}{\theta \cdot \tau}}$; $\tau = \gamma^*E$ – час ретардації, с; η – коефіцієнт в'язкості, Па*с; γ – коефіцієнт в'язкої піддатливості, с/Па; P_0 – тиск в пневматичному колесі, МПа; $E_{1,2}$ – приведений модуль пружності покриття та основи, МПа; F_n/F_t – вертикальна та горизонтальна сила, діюча зі сторони колеса, Н;	(A.5)	Антипов В.Н.	[47]

Продовження таблиці А.1

Критерії та методи	Порядковий номер формули	Автор / дослідник	Посилання
1	2	3	4
$\Delta h_1 = C_m$ де Δh_1 – пластична деформація у асфальтобетонному шарі	(A.6)	Barksdale R.D., Nijboer L.W., Freeme C.R.	[69 – 71]
$\sigma h_1 = C_m \sigma \frac{\sigma}{\sigma} h_{1\sigma} \sigma \frac{(\sigma_{ave})_{1\sigma}}{(S_{mix})_{1\sigma}} \frac{\sigma}{\sigma}$ де Δh_1 – пластична деформація у асфальтобетонному шарі; $h_{1\sigma}$ – товщина шару під асфальтобетонним шаром з товщиною; $(\sigma_{ave})_{1\sigma}$ – середня величина вертикального напруження у шарі; $(S_{mix})_{1\sigma}$ – жорсткість асфальтобетону у шарі при певній температурі та часу навантаження (отримується додаванням окремих значень часу навантаження рухомих транспортних засобів, які проходять по цьому шару при заданій температурі).	(A.7)	Barksdale R.D., Nijboer L.W., Freeme C.R.	[69 – 71]
$\gamma^t = a \cdot \exp(b \cdot \Delta) \gamma^e n^c$ де γ^t – пластична (непружна) деформація зсуву на глибині 50 мм; Δ – напруження зсуву, визначене на цій глибині за допомогою розрахунку пружної деформації; γ^e – пружна деформація зсуву; n – кількість проходів осей; a, b, c – коефіцієнти регресії	(A.8)	Lizenga J.	[75]
$a_j = a \cdot \exp(b \cdot \Delta n) \gamma_j^e$ де $\gamma_1^i = a_1 [\gamma \cdot n_1]^c$, $\gamma_j^i = a_j \left[(\gamma_{j-1}^i / a_j)^{\left(\frac{1}{c}\right)} + \gamma \cdot n_1 \right]^c$ j – j-та година руху транспорту; γ_j^e – пружна деформація зсуву після j-тої години; Δn – кількість проходів осі протягом j-тої години	(A.9)	Lizenga J.	[75]

Продовження таблиці А.1

Критерії та методи	Порядковий номер формули	Автор / дослідник	Посилання
1	2	3	4
$S_{зал} = \sum_{i=1}^{i=n} \left\{ (\delta_i + \xi_i) \ln N \frac{(1 - \sin \varphi_i)}{2 \cdot \cos \varphi_i} \cdot \int_{z_{2i}}^{z_{1i}} \frac{\sigma_1 - \sigma_2^H}{\sigma_2 \cdot \operatorname{tg} \varphi_i + c_i} dz \right\}$ де σ_1, σ_2 – відповідно найбільше і найменше напруження, діючі в даній точці дорожньої конструкції, Па; c_i, φ_i – зчеплення і кут внутрішнього тертя в матеріалі і-того шару; σ_2^H – величина, що характеризує поріг накопичення, Па; δ_i, ξ_i – параметри накопичення залишкових деформацій в кожному шарі; H – кількість шарів.	(A.10)	Казарновський В.Д.	[80]
$Y_{nl} = K_{з.н.} \cdot Y_{унр.з.н.} + \sum_{i=1}^n K_i \cdot (Y_{унр.i} + Y_{унр.i+1})$ де Y_{nl} – пластична деформація на поверхні дорожнього одягу, мм; $Y_{унр.з.н.}, Y_{унр.i}$ – пружний прогин відповідно земляного полотна та і – того конструктивного шару, мм; $K_{з.н.}, K_i$ – коефіцієнт деформації земляного полотна та і – того конструктивного шару, де $K_i = a_i \cdot N^{b_i}$ N – кількість прикладання розрахункового навантаження; a_i, b_i – параметри матеріалів, що знаходяться за допомогою експерименту.	(A.11)	Гшвенд І.	[81]

Продовження таблиці А.1

Критерії та методи	Порядковий номер формули	Автор / дослідник	Посилання
1	2	3	4
$\gamma_p = K_{кол} \cdot t_p \cdot N \cdot t_1 \cdot \gamma_l \cdot \left(\frac{\tau_{cp} - p \cdot tg\varphi}{c_l} \right)^{\frac{1}{m}} \cdot \int_{T_{min}}^{T_{max}} P(t) \exp \left[-\frac{U}{R} \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_l} \right) \right] \cdot dt$ де $K_{кол}$ – коефіцієнт, що враховує ймовірність проходження коліс автомобілів по одному сліду; t_p – розрахунковий термін служби асфальтобетонного покриття, доба; N – інтенсивність руху розрахункового автомобіля по одній смугі руху, авт/добу; t_1 – час дії колісного навантаження на асфальтобетонне покриття при підході одного розрахункового автомобіля, с; γ_l – градієнт швидкості необхідного зсуву в асфальтобетонному зразку в лабораторії, с⁻¹; τ_{cp} – фактичне максимальне дотичне напруження в покритті від колеса розрахункового автомобіля, МПа; p – нормальна напруга в шарі від розрахункового навантаження, МПа; $tg\varphi$ – коефіцієнт внутрішнього тертя асфальтобетону; $P(t)$ – часткове розподілення (забезпеченість) температури покриття за розрахунковий термін служби; C_l – зчеплення по Кулону для лабораторних зразків асфальтобетону, МПа; m – коефіцієнт пластичності асфальтобетону за Н.Н Івановим; T_{min}, T_{max} – відповідно мінімальна та максимальна розрахункова температура покриття, К; U – енергія активації в'язкопластичного руйнування асфальтобетону за Г.М. Бартенева, кДж/моль; R – газова постійна, 0,008314 кДж/моль; T – температура асфальтобетонного покриття, К; T_l – температура випробування асфальтобетонних зразків на міцність при зсуві в лабораторії, К.	(A.12)	Кірюхін Г.Н.	[52]

Продовження таблиці А.1

$\varepsilon = \frac{N_t \cdot n_t \cdot t_{dr} \cdot K_{ny} \cdot 0,036D}{T_{rd} \cdot \eta \cdot V} \cdot \sigma \cdot K_d$ де ε – залишкова деформація; D – діаметр сліду колеса розрахункового автомобіля, см; σ – питомий тиск колеса розрахункового навантаження, з автомобіля, МПа; η – середня в'язкість асфальтобетону для періоду часу з високою температурою, Па*с; V – середня швидкість руху вантажних автомобілів, км/год; K_{ny} – коефіцієнт поперечної установки автомобілів, приймається рівним 0,6 – 0,7; N_t – кількість розрахункових автомобілів, що проходять по одній смузі руху, авт / добу; n_t – кількість днів у році з розрахунковою температурою асфальтобетону; t_{dr} – тривалість періоду з розрахунковою температурою асфальтобетону, протягом одного дня, год; T_{rd} – число робочих годин на добу. Орієнтовно для літнього періоду можна прийняти 20 годин; K_d – коефіцієнт динамічності, що приймається рівним 1,1 ... 1,2.	(A.13)	Васильєв А.П.	[48]
$L_{ост} = \varepsilon \cdot h_r$ де h_r – товщина шару асфальтобетону з розрахунковою температурою, мм ; ε – залишкова деформація.	(A.14)	Васильєв А.П.	[48]
$h_{кр}^{\bar{\sigma}} = \varepsilon_{\bar{\sigma}}^{вих} \cdot K_{\eta} \cdot K_{вин}$ де $\varepsilon_{\bar{\sigma}}^{вих}$ – вихідна залишкова деформація; K_{η} – поправка на фактичну в'язкість асфальтобетону; $K_{вин}$ – коефіцієнт, що враховує випір асфальтобетону на краях колії та рівний 1,0 – 1,3.	(A.15)	Васильєв А.П., Лугов С.В.	[58]

Продовження таблиці А.1

$\varepsilon_{ab} = N_{pc} \cdot t_u \cdot \left(1 - \exp \left[\frac{-\sqrt{N_{pc} \cdot t_u}}{N_{pc} \cdot t_u} \right] \right) \cdot \sum_{j=1}^{m=\frac{h}{\Delta h}} \frac{\tau(z) \cdot \Delta h_j}{\eta_p \cdot \delta(z)}$ де ε_{ab} – змінна в часі відносна пластична деформація асфальтобетонного шару; N_{pc} – сумарна кількість прикладеного розрахункового навантаження, авт.; t_u – час прикладання навантаження, с; m – кількість розрахункових шарів; $\tau(z)$ – переміщення за глибиною напруження зсуву, що виникає в шарі асфальтобетону від навантаження, Па; Δh – товщина розрахункового шару, в межах якого в'язкість не змінюється ($\Delta h=0,02$ м); η_p – розрахункова в'язкість асфальтобетону, Па*с; $\delta(z)$ – коефіцієнт зміни розрахункової в'язкості за глибиною, що враховує зменшення середньодобової температури, зниження напруження і відмінність між в'язкістю визначеною лабораторним шляхом та в'язкістю асфальтобетонного покриття ($\delta(z)=1 \dots 10$, більше значення для нижніх розрахункових шарів).	(A.16)	Васильев А.П.	[58]
$h_p = K_a \cdot K_n \cdot [N_K]^B$ де K_a – коефіцієнт, що визначається як остаточна деформація, яка утворюється за першу 1000 циклів випробування зразків покриття; K_n – коефіцієнт перерахунку деформації у фактичні одиниці виміру; N_K – розрахункова кількість нормативних транспортних засобів за добу, од./доба; B - коефіцієнт, що визначається як питома інтенсивність утворення колії.	(A.17)	Головко С.К.	[78]

Продовження таблиці А.1

$U_{tr} = U_{spr} \cdot b_0 \cdot N^b$ де U_{tr} – залишкове вертикальне переміщення, мм; U_{spr} – пружне вертикальне переміщення, що знаходиться за концепцією Одемарка та модифікованій формулі Бусінеска, мм; b, b_0 – постійні; N – кількість прикладеного навантаження.	(A.18)	Gachwendt I., Poliacek I.	[82]
$U_{tr} = U_{spr} \cdot (1,3 + 0,7 \cdot \log N)$ де U_{tr} – залишкове вертикальне переміщення, мм; N – кількість прикладеного навантаження.	(A.19)	Gachwendt I., Poliacek I.	[82]
$\varepsilon(t) = \sigma_0 \cdot \left\{ \frac{1}{E} \left[1 + \frac{t \cdot E}{\eta} \right] \cdot [H(t) - H(t - T)] \right\}$ де σ_0 – вертикальне напруження стиснення, кПа; E – модуль Юнга, МПа; η – коефіцієнт в'язкості матеріалу, Па*с; T – температура, °С; t – час дії навантаження, с;	(A.20)	Hushek S.	[84]
$\Delta \varepsilon_{tot} = \Delta \varepsilon_r + \Delta \varepsilon_p$ де Δ – позначає прирост протягом одного циклу навантаження.	(A.21)	Erlingsson S.	[82]
$\omega_p(N) = \sum_{s=1}^N \Delta \varepsilon_p(N) \gg \Delta \varepsilon_r \quad \text{де } N \rightarrow \infty$ де ω_p – позначає накопичення пластичних деформацію і N – це кількість циклів навантаження.	(A.22)	Erlingsson S.	[82]

Продовження таблиці А.1

$\omega_p(t) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \cdot \varepsilon_{pij}(t) \cdot \Delta z_{ij}$ де $\varepsilon_{pij}(t)$ та Δz_{ij} середня пластична деформація і товщина i-го підшару шару j, відповідно, n повне число шарів.	(A.23)	Erlingsson S.	[82, 85]
$\frac{\varepsilon_p(N)}{\Delta \varepsilon_r} = a_1 \cdot T^{a_2} \cdot N^{a_3}$ де N – накопичене число стандартних осей і T температура в мірах сто градусів та a_1, a_2 та a_3 параметри матеріалу визначаються в лабораторії	(A.24)	Erlingsson S.	[82, 85]
$\frac{\varepsilon_p^{field}(N)}{\Delta \varepsilon_r^{field}} = \frac{\varepsilon_p^{lab}(N)}{\Delta \varepsilon_r^{lab}}$ де lab та $field$ означають лабораторна і фактична колія, площин відповідно.	(A.25)	Tseng K-H., Lytton R. L.	[92, 99]
$\varepsilon_p^{field}(N) = \frac{a_1}{\Delta \varepsilon_r^{lab}} \cdot T^{a_2} \cdot N^{a_3} \cdot \Delta \varepsilon_r^{field} = a^* \cdot T^{a_2} \cdot N^{a_3} \cdot \Delta \varepsilon_r^{field}$ де lab та $field$ означають лабораторна і фактична колія, площин відповідно; N - накопичене число стандартних осей і T температура в мірах сто градусів та a_1, a_2 та a_3 параметри матеріалу визначаються в лабораторії.	(A.26)	Erlingsson S.	[82, 85]
$\varepsilon_p^{field}(N) = \varepsilon_{1p}^0 \cdot \left[1 - \left(\frac{N}{N_0} \right)^{-B} \right] \cdot \left(\frac{L_{max}}{p_a} \right)^n \cdot \frac{1}{\left(m + \frac{s}{p_{max}} - \frac{q_{max}}{p_{max}} \right)}$ де ε_{1p}^0, B та n параметри моделі, N_0 – це довідковий номер в повторному навантаженні, рівний 1, і $L_{max} = \sqrt{p_{max}^2 + q_{max}^2}$ $m = \frac{6 \sin \phi}{3 - \sin \phi}$ $s = \frac{6 \cos \phi}{3 - \sin \phi}$ де зчеплення s і кут внутрішнього тертя ϕ засновані на тривісному випробуванні статички матеріалу $g(p_{max}, q_{max})$ функція, що має відношення до фактичного режиму тиску	(A.27)	Gidel	[85, 99]

Продовження таблиці А.1

Критерії та методи	Порядковий номер формули	Автор / дослідник	Посилання
1	2	3	4
$\varepsilon_p^{field}(N) = C \cdot N^b \cdot \frac{R}{A - R}$ де С і b – параметри матеріалу, А параметр незалежно від матеріалу (А = 1.05) – і R – те, що співвідношення зсувного тиску визначило, як: $R = \frac{q_{max}}{q_f} = \frac{q_{max}}{s + m \cdot p_{max}}$	(A.28)	Korkiala-Tanttu, L.	[92, 99]
$\frac{\varepsilon_p(N)}{\Delta \varepsilon_r} = \varepsilon_0 \cdot e^{-\left(\frac{\rho}{N}\right)^\beta}$ де ε_0, ρ і β матеріал залежний від регресійних параметрів. пружня деформація може бути оцінена: $\omega_{rsg} = \int_{z_1=0}^{z'_{end}} \Delta \varepsilon_r \cdot (z') \cdot dz' = -\frac{\Delta \varepsilon_{r1}}{k} \cdot e^{-kz'} \Big _0^{z'_{end}} = \frac{\Delta \varepsilon_{r1}}{k} \cdot [1 - e^{-kz'_{end}}]$ Де константа k - це $k = \frac{1}{z'_2} \cdot \ln \left(\frac{\Delta \varepsilon_{v1}}{\Delta \varepsilon_{v2}} \right)$ Завершальна модель постійної деформації є як функція числа копій навантаження: $\omega_{psg}^{field}(N) = \frac{\Delta \varepsilon_{r1}}{k} \cdot [1 - e^{-kz'_{end}}] \cdot \left(\frac{\varepsilon_0}{\Delta \varepsilon_r^{lab}} \right) \cdot e^{-\left(\frac{\rho}{N}\right)^\beta}$	(A.29)	Tseng K-H., Lytton R. L.	[92, 99]

Продовження таблиці А.1

$$\omega_{a.п} = T \cdot \sum_1^i \frac{\sigma_{i,cp}^2 \cdot (1 - \mu_{i,cp}^2) \cdot h \cdot \lg n}{E_{\partial,i,cp} \cdot R_{i,cp} \cdot \lg N} \cdot (e^{\frac{D}{V \cdot t_p}} - 1),$$

де $\sigma_{i,cp}$ – середнє напруження в пакеті з шарів, які містять органічне в'язуче за і-тий місяць;

$\mu_{i,cp}$ – середнє значення коефіцієнта Пуассона за і-тий місяць;

h – товщина пакету з шарів, які містять органічне в'язуче, ;

T – строк служби дорожньої конструкції, роки;

$E_{\partial,i,cp}$ – середнє значення модуля деформації;

$R_{i,cp}$ – середнє значення міцності при стиску;

t_p – час релаксації;

V – швидкість транспортного потоку, приймається як середнє між швидкістю на початку експлуатації дорожньої конструкції та в кінці строку її служби;

D – діаметр кругового сліду колеса розрахункового автомобіля;

n та N – інтенсивність руху розрахункових автомобілів на полосу руху відповідно в місяць i за строк служби; i – число місяців в році з характерною середньою температурою.

(A.30)

Смірнов О.В.,
Малишев А.А.,
Агалаков Ю.А.

[47, 54]

Кінець таблиці А.1

$\omega_{\text{д.о}} = h_{\text{з.п.}} \cdot \left[\frac{E_{\text{д}}}{E_{\text{гр}}} \right]^{(0,657 \cdot \ln(h_{\text{д}}) - 0,296)}$ де $h_{\text{д}}$ – товщина шару з дискретного матеріалу, м; $E_{\text{д}}$ –модуль пружності шару дорожнього одягу з дискретного матеріалу, МПа; $E_{\text{гр}}$ – модуль пружності ґрунту земляного полотна, МПа; $\omega_{\text{з.п.}}$ – накоплені пластичні деформації в ґрунті земляного полотна, мм; $\omega_{\text{д.о}}$ – накоплені пластичні деформації в шарі з дискретного матеріалу, мм.	(A.31)	Мевлидинов З.А. Лугов С.В.	[54, 56, 58]
$\omega_{\text{дц.о}} = \omega_{\text{з.п.}} \cdot \left[\frac{E_{\text{д.ц}}}{E_{\text{е}}} \right]^{(0,894 \cdot \ln(h_{\text{д.ц}}) + 0,732)}$ де $h_{\text{д.ц}}$ – товщина шару з дискретного матеріалу, укріпленого неорганічним в'язучим, м; $E_{\text{д.ц}}$ –модуль пружності шару дорожнього одягу з дискретного матеріалу, укріпленого цементом, МПа; $E_{\text{е}}$ – еквівалентний модуль пружності підстиляючого шару, МПа; $\omega_{\text{з.п.}}$ – накоплені пластичні деформації в ґрунті земляного полотна, мм; $\omega_{\text{дц.о}}$ – накоплені пластичні деформації в шарі з дискретного матеріалу, який укріплено неорганічним в'язучим, мм.	(A.32)	Мевлидинов З.А. Лугов С.В.	[54, 56, 58]

Таблиця А.2 – Формули розрахунку пластичних деформацій, що базуються на гіпотезі про подібність деформування при повзучості та повторних навантаженнях

Критерії та методи	Порядковий номер формули	Автор/дослідник	Посилання
1	2	3	4
$S_N = K \cdot [s_{ПМ} + s_{ВП} \cdot \ln(1 + \chi \cdot t_{екв} \cdot N)]$ де $s_{ПМ}$, $s_{ВП}$ – відповідно пластична миттєва і в'язко – пластична деформація при одноразовому навантаженні; χ – показник зміни в'язкості опору ґрунту з часом; $t_{екв}$ – тривалість напруженого стану від впливу навантаження, еквівалентна тривалість напруженого стану в умовах миттєвого прикладання та віддаленого навантаження; K – коефіцієнт, що враховує періодичне часткове відновлення деформації при впливі циклічного навантаження ($K=1,4$); N – загальна кількість прикладеного розрахункового навантаження, одиниць	(А.33)	Хархута Н. Я.	[76]

Продовження таблиці А.2

Критерії та методи	Порядковий номер формули	Автор/дослідник	Посилання
1	2	3	4
$S_N = s_1 \cdot (1 + T \cdot N_\partial \cdot t_u \cdot K_{\text{сум}} / t_0)^{[0,2+0,13B]}$ де $K_{\text{сум}}$ – коефіцієнт суми навантаження; t_0 – множник розмірності 1 с.; B – коефіцієнт консистенції ґрунту; s_1 – залишкова деформація від одноразового прикладення навантаження (дослідження С.Ю. Канигіної, що являється функцією величини дотичного напруження та коефіцієнту консистенції ґрунту)	(А.34)	Канигіна С. Ю.	[51]
$S_N = s_1 \cdot b_0 \cdot (1 + T \cdot N_\partial \cdot t_u \cdot K_{\text{сум}} \cdot P(x) / t_0)^{[0,2+0,13B]}$ де b_0 – коефіцієнт переходу від рівності в поздовжньому напрямку до рівності в поперечному напрямку; $P(x)$ – функція, що враховує ймовірність проходження колеса автомобіля через дану точку поперечного профілю смуги руху	(А.35)	Фадєєв В. Б.	[57]
$S_N = s_1 \cdot (1 + T \cdot N_c \cdot t_u \cdot K_{\text{сум}} / t_0)^{[0,2+0,13f(K_y)-0,13B]}$ де $f(K_y)$ – функція, що враховує вплив щільності ґрунту; N_∂ – добова інтенсивність руху розрахункових автомобілів, одиниць; t_u – час дії одного прикладеного навантаження;	(А.36)	Жустарева Е. В.	[49]

Кінець таблиці А.2

Критерії та методи	Порядковий номер формули	Автор/дослідник	Посилання
1	2	3	4
$S_N = s_{\text{БП}} \cdot \lg(1 + \chi \cdot N_{\text{д}} \cdot t_{\text{ц}} \cdot K_{\text{РНР}})$ де $N_{\text{д}}$ – добова інтенсивність руху розрахункових автомобілів, одиниць; $t_{\text{ц}}$ – час дії одного прикладеного навантаження; $K_{\text{РНР}}$ – коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу на протязі року руху автомобілів, приведених до розрахункового осьового навантаження	(А.37)	Горячев М. Г.	[28]

Таблиця А.3 – Емпіричні залежності для розрахунку пластичних деформацій при впливі повторного навантаження

Критерії та методи	Порядковий номер формули	Автор/дослідник	Посилання
1	2	3	4
$\omega_N = \alpha + \beta \cdot \lg N$ де α, β – параметри моделі; N- кількість навантажень, одиниць	(А.38)	Н.Н. Іванов R. Barksdale	[25, 74]
$\omega_N = \omega_1 + \beta \cdot \lg N$ де β – параметр рівняння регресії	(А.39)	В. Д. Казарновский	[50]
$\omega_N = \omega_1 \cdot \frac{\lg N}{\lg n}$ де n – необхідне число навантаження, яке повинен витримати зразок	(А.40)	А. В. Смирнов	[54]
$\omega_N = \omega_1 \cdot \left(1 + \beta_I \cdot \lg N_I + \beta_{II} \cdot \lg \frac{N_{II}}{N_I} + \beta_{III} \cdot \lg \frac{N_{III}}{N_{II}} \right)$ де $\beta_I, \beta_{II}, \beta_{III}$ – параметри моделі, які залежать від виду матеріалу (грунту) та величини напружень; N_I, N_{II}, N_{III} – граничні значення кількості реалізованих навантажень, із закінченням яких виникають зміни інтенсивності накопичення залишкових деформацій	(А.41)	А. С. Александров, Н.Н Александрова, В.В. Голубенко	[47]

Продовження таблиці А.3

Критерії та методи	Порядковий номер формули	Автор/дослідник	Посилання
1	2	3	4
$\omega_N = \omega_N (1 + C_N \cdot \lg N)$ C_N – параметри моделі	(A.42)	A. Hettler J. Long, G.Vanneste	[100, 101]
$\omega_N = \omega_1 + a \cdot \lg N + b \cdot (\lg N)^2$ де n – необхідне число навантаження, яке повинен витримати зразок; ω_1 – залишкова деформація, що виникла при першому прикладанні навантаження	(A.43)	J. Leng	[102]
$\omega_N = A \cdot ((\sigma_1 - \sigma_3) / \sigma_s)^C \cdot (B + \lg N)$ де A, B, C – параметри моделі; σ_s – граничний девіатор напружень для даного матеріалу	(A.44)	S. F. Brown, L. W. Cheung	[103, 104]
$\omega_N = A \cdot (\sigma_1 - \sigma_3)^B \cdot N^C;$ $\omega_N = A \cdot [(\sigma_1 - \sigma_3) / \sigma_3]^B \cdot N^C$ де A, B, C – параметри моделі	(A.45)	T. Kim	[87]
$\omega_N = A \cdot N^B$ де A, B – параметри рівняння регресії	(A.46)	G. T. H. Sweere, I. Peres	[85, 89]
$\omega_N = \omega_1 \cdot N^{0,136}$ де ω_1 – залишкова деформація, що виникла при першому прикладанні навантаження	(A.47)	P. Peralta, M.Achmus	[88]

Продовження таблиці А.3

Критерії та методи	Порядковий номер формули	Автор/дослідник	Посилання
1	2	3	4
$\omega_N / \omega_{y200} = a \cdot N^{-b}$ де ω_{y200} – пружня деформація при реалізації 200 – го циклу	(A.48)	W. J. Kenis	[105]
$\omega_N = (A + m \cdot N) \cdot (1 - \exp[-B \cdot N])$ де A, m, B – параметри рівняння регресії	(A.49)	H. Wolff, A. Visser	[106]
$\omega_N = A \cdot N^B + A_1 \cdot (\exp[-B_1 \cdot N] - 1)$ де A, A_1, B, B_1 – параметри рівняння регресії	(A.50)	L. Francken, C. Clauwaert	[107]
$\omega_N = m \cdot N + A_1 \cdot (1 - \exp[-B_1 \cdot N]);$ $\omega_N = A \cdot N^B + (m \cdot N + A_1) \cdot (1 - \exp[-B_1 \cdot N])$ де A, A_1, B, B_1, m – параметри моделі	(A.51)	H. L. Theyse	[108]
$\omega_N = a \cdot \exp\left(-\frac{b}{N}\right)^{-C}$ де ω_N – деформація від перших N циклів;	(A.52)	K. H. Tseng, R. L. Lytton	[92, 99]
$\omega_N = b \cdot S_{200} \cdot N^a$ де ω_{200} – деформація від перших 200 циклів; a – коефіцієнт, що враховує затухаючих характер деформування	(A.53)	V. Veverka	[109]

Продовження таблиці А.3

Критерії та методи	Порядковий номер формули	Автор/дослідник	Посилання
1	2	3	4
$\omega_N = \omega_{100} + A \cdot \frac{\sqrt{N}}{B + \sqrt{N}}$ де ω_{100} – деформація від перших 100 циклів	(A.54)	J.-L. Paute, P. Jouve, J. Martinez, E. Ragneau F. Brecciaroly, P. Kolisoja	[110, 111]
$\frac{\omega_N}{N} = a \cdot N^{-b}; \quad \frac{\omega_N}{N} = a \cdot \left(\frac{\tau_{окт}}{\sigma_{окт}} \right)^b \cdot E_y^c \cdot N^{-m}$ де a, b, c, m – параметри рівняння регресії, константа	(A.55)	M. R. El-Mitiny S. Khedr	[112]
$\omega_N = \omega_{100} + \left(1 - \left(\frac{N}{100} \right)^{-B} \right); \quad \omega_N = \omega_n + \left(1 - \left(\frac{N}{100} \right)^{-B} \right)$ де ω_n – деформація від накопичення n циклів	(A.56)	Hornych. P., J.-F. Corte., J.-L. Paute, F. Brecciaroly, P. Kolisoja Allon F.	[114]

Кінець таблиці А.3

Критерії та методи	Порядковий номер формули	Автор/дослідник	Посилання
1	2	3	4
$\omega_N = k_1 \cdot \left(\frac{N}{1000} \right)^k; \quad k_1 = a \cdot \left(\frac{\sigma_1}{\sigma_{1f}} \right)^b; \quad k = c \cdot \left(\frac{\sigma_1}{\sigma_{1f}} \right)^d;$ $\sigma_{1f} = \frac{(1 + \sin \varphi) \cdot \sigma_{conf} + 2 \cdot c \cdot \cos \varphi}{1 - \sin \varphi}; \quad \sigma_{conf} = \sigma_2 = \sigma_3$ де a, b, c, d – параметри моделі, що характеризують першу ділянку кривої, σ_{conf} – величина утримуючого напруження, що задається програмою трьохосового випробування, Па; σ_2, σ_3 – мінімальні головні напруження, що виникають в товщині шару, Па $\omega_N = k_1 \cdot \left(\frac{N}{1000} \right)^k + k_2 \cdot \left[\exp \left(\frac{k_3 \cdot N}{1000} \right) - 1 \right];$ $k_2 = f \cdot \left(\frac{\sigma_1}{\sigma_{1f}} \right)^g; \quad k_3 = j \cdot \left(\frac{\sigma_1}{\sigma_{1f}} \right)^l$ де f, g, j, l – параметри моделі, що характеризують другу ділянку кривої	(A.57)	M. Huurman	[115]

Таблиця А.4 – Характеристики стендів для випробування конструкцій дорожніх одягів

№ п.п.	Місто, країна	Дата введення в експлуатацію, рік	Дослідна організація (автор розробки)	Вид та характерні розміри стенду	Технічні характеристики стенду	Основні задачі дослідження
1	2	3	4	5	6	7
1	м. Братислава, Словаччина	1964	НДІ інженерних споруд (К. Кучера, Ш. Яновяк)	кільцевий, діаметр 32 м	Тролейбусне шасі з 2-ма колесами та 2-ма балансованими колесами; навантаження на колесо до 2,5 т, на вісь до 5 т; максимальна швидкість до 50 км/год	Визначення вантажопропускної здатності дорожніх конструкцій
2	м. Гамбург, Німеччина	1965	Фірма «Шелл» (Еверс)	прямолінійний, довжиною 60 м	Спарені колеса; навантаження на колесо 1,2 т; максимальна швидкість 25 км/год; середня довжина робочої ділянки 10 м	Визначення напружено-деформованого стану
3	м. Київ, Україна	1966 (реконструкція 2003 р.)	ДерждорНДІ (В.Малеванський, А.Зингер, Л.Радченко)	кільцевий, діаметр 16 м	4-ри електромобіля; навантаження на вісь до 10 т; максимальна швидкість до 75 км/год Довжина випробувальних доріжок – 12,5 м. Типи коліс – спарені та одиночні. Навантаження на колесо – 3,5-75 кН	Дослідження вантажопропускної спроможності дорожніх конструкцій
4	м. Бухарест, Румунія	1965	Політехнічний інститут	кільцевий, діаметр 30 м	Тачанка з двома колесами; навантаження на вісь 3,3 т; максимальна швидкість руху 30 км/год	Дослідження порівняльної міцності дорожніх конструкцій
5	м. Нант Франція,	1984	LCPC Центральна лабораторія мостів і доріг	кільцевий, діаметр 30 м	Число випробувальних секцій – 3 Навантаження на колесо – 40-75 кН. Швидкість руху колеса – до 100км/год.	Дослідження напружено-деформативного стану дорожніх одягів
6	м. Дельфт, Нідерланди	1991	LINTRACK NL – ніверситет технології	прямолінійний, довжина випробувальних доріжок – 3,5 м.	Випробувальні секції шириною 55 м. Типи коліс – колесо з одним балоном, здвоєне і ін. Навантаження на колесо – 15-100 кН. Швидкість руху колеса – 20 км/год.	Дослідження напружено-деформативного стану дорожніх одягів
7	Данія	1994	DRTM	прямолінійний, довжина випробувальних доріжок – 9 м.	Число випробувальних секцій – 1 секція шириною 2,5 м. Типи коліс – подвійне колесо. Навантаження на колесо – до 65 кН. Швидкість руху колеса – 30 км/год.	Дослідження напружено-деформативного стану дорожніх одягів
8	м. Братислава, Словаччина	1994	Vuis-Cesty	кільцевий, діаметр 32 м	Три фермові конструкції, кожна з двома вантажними осями – 4 колеса. Навантаження на колесо задається установкою плит на візок. Швидкість руху колеса – 10-50км/год.	Дослідження напружено-деформативного стану дорожніх одягів

Кінець таблиці А.4

9	США, Нью Хемпшер	1997	CREEL HVS MK IV Корпус військових інженерів	прямолінійний	Число випробувальних секцій – 12 секцій глибиною 2,4 м - 3,7 м, шириною 6,4 м. Довжиною 7,6 м– 11,4 м. Типи коліс – автомобільні та авіаційні. Навантаження на колесо – 20-100 кН для одиночних та до 200 кН для здвоєних. Швидкість руху колеса – 13 км/год.	Дослідження напружено-деформативного стану дорожніх одягів
10	Фінляндія і Швеція	1997	HVS-Nordic	мобільна установка для випробування існуючих доріг	Типи коліс – стандартні або широкі одиночні шини. Навантаження на колесо – 20-110 кН. Швидкість руху колеса – 15км/год.	Дослідження напружено-деформативного стану дорожніх одягів
11	США	1997	K-ALT – Канзаський університет будівництва цивільної інфраструктури	прямолінійний	Число випробувальних секцій – 2 секції шириною 1,8 м. Довжина випробувальних доріжок – 9,7 і 6,1 м. Типи коліс – візок з 2 мостів з 4-8 колесами або одиночна вісь з 2-4 колесами. Навантаження на колесо – 178 кН. Швидкість руху колеса – 11км/год.	Дослідження напружено-деформативного стану дорожніх одягів
12	Віксбург, Міссісіпі, США	1998	HVS-A (Bigfoot) – дослідницький центр і центр інженерних досліджень армії	прямолінійний, довжина випробувальних доріжок – 24 - 12 м.	Число випробувальних секцій – 50 секцій шириною 3 м. Типи коліс – одиночні, двоколесні, авіаційні з 1 і з 2 колесами. Навантаження на колесо – 45-445 кН. Швидкість руху колеса – 13 км/год.	Дослідження напружено-деформативного стану дорожніх одягів
13	Атлантик Сіті, Нью-Йорк, США	1999	NAPTF – технічний центр Вільяма Дж. Хьюджеса	прямолінійний, довжина випробувальних доріжок – 12-30 м	Число випробувальних секцій – випробувальне поле 274x19 м, звичайні 9-12 незалежних випробувальних секцій.. Типи коліс - два повні авіаційні шасі, кількістю ходових частин від 1 до 6. Навантаження на колесо – до 334 кН на колесо. Швидкість руху колеса – 0,1-24км/год.	Дослідження напружено-деформативного стану дорожніх одягів
14	США	2002	ATLaS – університет шт. Іллінойс	прямолінійний, довжина випробувальних доріжок – 26 м.	Число випробувальних секцій – випробувальне поле 168x81 м, довільна кількість секцій. Типи коліс – одиночна шина, здвоєна, авіаційні одиночні шасі. Навантаження на колесо – до 358 кН. Швидкість руху колеса – 16 км/год.	Дослідження напружено-деформативного стану дорожніх одягів

ДОДАТОК Б

Дані експериментальних досліджень матеріалів

Б.1 Підбір зернових складів різних типів асфальтобетонних сумішей та визначення стандартних фізико-механічні властивості досліджуваних асфальтобетонів

Проектування зернових складів асфальтобетонних сумішей виконувалось за допомогою розробленої програми MixOptima.

Використовуючи дану програму було розраховано зернові склади досліджуваних асфальтобетонних сумішей, розрахунки яких наведені нижче (табл. Б.1 – Б.11).

Таблиця Б.1 – Визначення показників асфальтобетону (суміш)
АСГ.Кр.П.А-Б НП. І. БНД 60/90

Найменування показників	Норма за ДСТУ Б В.2.7-119	Результати випробувань
1. Середня щільність переформованої суміші, г/см ³	-	2,37
2. Залишкова пористість, %, не більше	10	4,9
3. Границя міцності при стиску R ₂₀ , МПа не менше	1,8	2,8
4. Коефіцієнт довготривалої водостійкості, не менше	0,85	0,90
5. Вміст в'язучого, % від маси мінер. част.	4,0-6,0	4,4
6. Масова доля, % зерен мінеральної частини дрібніше даного розміру, мм		
40	100-95	100,0
20	97-70	72
15	94-57	60
10	76-45	53
5	65-27	45
2,5	50-18	36
1,25	38-10	27
0,63	28-7	19
0,315	22-4	13
0,14	15-3	9
0,071	8-2	4

Таблиця Б.2 – Визначення показників асфальтобетону (суміш)
АСГ.Кр.Щ.Б1.НП. І. БНД 60/90

Найменування показників	Норма за ДСТУ Б В.2.7-119	Результати випробувань
1. Середня щільність, г/см ³ переформ. суміші	-	2,37
2. Залишкова пористість, % за об'ємом	2-4	2,6
3. Водонасичення, %, не більше	3,0	1,4
4. Границя міцності при стиску, МПа, за температури: 0 ⁰ С, не більше 20 ⁰ С, не менше 50 ⁰ С, не менше	12,0 2,7 1,3	5,2 3,5 1,3
5. Коефіцієнт водостійкості, за експрес-методом, не менше	0,86	0,86
6. Вміст в'язучого, % від маси мінер. част.	5,0-6,5	6,1
7. Масова доля, % зерен мінеральної частини дрібніше даного розміру, мм		
40	100-95	100,0
20	86-78	86
15	80-70	80
10	74-62	74
5	65-50	61
2,5	52-38	49
1,25	39-28	36
0,63	29-20	26
0,315	22-14	18
0,14	16-9	12
0,071	12-6	6

Таблиця Б.3 – Визначення показників асфальтобетону (суміш)
АСГ.Др.Щ.А.НП. І. БНД 60/90

Найменування показників	Норма за ДСТУ Б В.2.7-119	Результати випробувань
1. Середня щільність, г/см ³ переформ. суміші	-	2,40
2. Залишкова пористість, % за об'ємом	2-4	2,4
3. Водонасичення, %, не більше	3,5	1,7
4. Границя міцності при стиску, МПа, за температури: 0 ⁰ С, не більше 20 ⁰ С, не менше 50 ⁰ С, не менше	12,0 2,7 1,3	6,2 3,9 1,3
5. Коефіцієнт водостійкості, за експрес -методом, не менше	0,86	0,86
6. Вміст в'язучого, % від маси мінер. част.	5,0-6,0	5,8
7. Масова доля, % зерен мінеральної частини дрібніше даного розміру, мм		
20	100-95	97
15	92-83	91
10	81-67	81
5	55-45	55
2,5	42-27	42
1,25	33-18	31
0,63	26-12	23
0,315	20-9	18
0,14	14-6	14
0,071	11-5	6

Таблиця Б.4 – Визначення показників асфальтобетону (суміш)
АСГ.Кр.Щ.Б1.НП. І. БНД 60/90

Найменування показників	Норма за ДСТУ Б В.2.7-119	Результати випробувань
1.Середня щільність,г/см ³ переформ. суміші	-	2,38
3. Водонасичення, %, не більше	3,0	0,82
4. Границя міцності при стиску, МПа, за температури: 0 ⁰ С, не більше 20 ⁰ С, не менше 50 ⁰ С, не менше	12,0 2,7 1,3	5,7 3,1 1,3
5. Коефіцієнт водостійкості, за експрес-методом, не менше	0,86	0,86
6. Вміст в'язучого, % від маси мінер. част.	5,0-6,5	6,5
7. Масова доля, % зерен мінеральної частини дрібніше даного розміру, мм		
40	100-95	100
20	86-78	79
15	80-70	72
10	74-62	66
5	65-50	56
2,5	52-38	43
1,25	39-28	31
0,63	29-20	22
0,315	22-14	16
0,14	16-9	11
0,071	12-6	7

Таблиця Б.5 – Визначення показників асфальтобетону (суміш)
АСГ.Кр.Щ.А₁.НП. І. БНД 60/90

Найменування показників	Норма за ДСТУ Б В.2.7-119	Результати випробувань
1.Середня щільність,г/см ³ переформ. суміші	-	2,40
2. Залишкова пористість, % за об'ємом	2-5	2,9
3. Водонасичення, %, не більше	3,5	1,1
4. Границя міцності при стиску, МПа, за температури: 0 ⁰ С, не більше 20 ⁰ С, не менше 50 ⁰ С, не менше	12,0 2,7 1,2	5,4 3,5 1,3
5. Коефіцієнт водостійкості, за експрес-методом, не менше	0,86	0,87
6. Вміст в'язучого, % від маси мінер. част.	4,5-6,0	5,5
7. Масова доля, % зерен мінеральної частини дрібніше даного розміру, мм		
40	100-95	100
20	80-65	70
15	73-55	59
10	65-45	53
5	55-35	45
2,5	42-24	37
1,25	30-17	29
0,63	22-12	21
0,315	16-9	16
0,14	12-6	11
0,071	10-4	7

Таблиця Б.6 – Визначення показників асфальтобетону (суміш)
ЩМАС – 20 (з полімером)

Найменування показників	Норма за ДСТУ Б В.2.7-127	Результати випробувань
1. Залишкова пористість, % за об'ємом	1,5-3,5	2,3
2. Водонасичення, % за об'ємом лабораторних зразків	1,0-3,0	2,4
3. Границя міцності при стисканні, МПа, за температури: 20 °С не менше 50 °С не менше	2,1 0,60	3,8 1,0
4. Коефіцієнт внутрішнього, не менше	0,91	0,96
5. Зчеплення при зсуві за температури 50 °С, МПа, не менше	0,16	0,18
6. Границя міцності на розтягування при розколюванні за температури 0 °С, МПа	2,0-6,0	2,1
7. Вміст в'язучого, %	5,5-6,5	6,1
8. Масова доля, % зерен мінеральної частини дрібніше даного розміру, мм		
20	100-90	90
15	70-50	55
10	42-25	39
5	30-20	28
2,5	25-15	24
1,25	24-13	21
0,63	21-11	20
0,315	19-9	18
0,14	15-8	14
0,071	13-8	11

Таблиця Б.7 – Визначення показників асфальтобетону (суміш)
ЩМАС – 20

Найменування показників	Норма за ДСТУ Б В.2.7-127	Результати випробувань
1. Залишкова пористість, % за об'ємом	1,5-3,5	2,6
2. Водонасичення, % за об'ємом лабораторних зразків	1,0-3,0	2,4
3. Границя міцності при стисканні, МПа, за температури: 20 °С не менше 50 °С не менше	2,1 0,60	2,8 0,83
4. Коефіцієнт внутрішнього, не менше	0,91	0,99
5. Зчеплення при зсуві за температури 50 °С, МПа, не менше	0,16	0,16
6. Границя міцності на розтягування при розколюванні за температури 0 °С, МПа	2,0-6,0	2,3
7. Вміст в'язучого, %	5,5-6,5	6,2
8. Масова доля, % зерен мінеральної частини дрібніше даного розміру, мм		
20	100-90	95
15	70-50	69
10	42-25	42
5	30-20	30
2,5	25-15	25
1,25	24-13	22
0,63	21-11	20
0,315	19-9	18
0,14	15-8	14
0,071	13-8	10

Таблиця Б.8 – Визначення показників асфальтобетону (суміш)
АСГ.Кр.Щ.А.НП. І. БНД 60/90 (модифікований)

Найменування показників	Норма за ДСТУ Б В.2.7-119	Результати випробувань
1. Середня щільність, г/см ³ переформ. суміші	-	2,39
2. Залишкова пористість, % за об'ємом	2-4	3,6
3. Водонасичення, %, не більше	3,5	3,1
4. Границя міцності при стиску, МПа, за температури: 0 ⁰ С, не більше 20 ⁰ С, не менше 50 ⁰ С, не менше	12 2,7 1,2	8,3 4,5 1,6
5. Коефіцієнт водостійкості, за експрес-методом, не менше	0,86	0,86
6. Вміст в'язучого, % від маси мінер. част.	4,5-6,0	5,0
7. Масова доля, % зерен мінеральної частини дрібніше даного розміру, мм		
40	100-95	100
20	80-65	80
15	73-55	73
10	65-45	67
5	55-35	44
2,5	42-24	33
1,25	30-17	25
0,63	22-12	19
0,315	16-9	15
0,14	12-6	11
0,071	10-4	6

Таблиця Б.9 – Визначення показників асфальтобетону (суміш)
АСГ.Др.Щ.А.НП. І. БНД 60/90

Найменування показників	Норма за ДСТУ Б В.2.7-119	Результати випробувань
1. Середня щільність, г/см ³ переформ. суміші	-	2,38
2. Залишкова пористість, % за об'ємом	2-4	2,4
3. Водонасичення, %, не більше	3,5	1,5
4. Границя міцності при стиску, МПа, за температури: 0 ⁰ С, не більше 20 ⁰ С, не менше 50 ⁰ С, не менше	12 2,7 1,2	5,8 4,1 1,3
5. Коефіцієнт водостійкості, за експрес-методом, не менше	0,90	0,90
6. Вміст в'язучого, % від маси мінер. част.	5,0-6,0	5,8
7. Масова доля, % зерен мінеральної частини дрібніше даного розміру, мм		
20	100	100
15	100-95	99
10	78-67	78
5	55-45	55
2,5	41-28	37
1,25	34-20	25
0,63	27-12	19
0,315	20-9	14
0,14	14-6	10
0,071	11-5	6

Таблиця Б.10 – Визначення показників асфальтобетону (суміш)
ЩМАС – 10 (з полімером)

Найменування показників	Норма за ДСТУ Б В.2.7-127	Результати випробувань
1. Залишкова пористість, % за об'ємом	1,5-3,5	2,5
2. Водонасичення, % за об'ємом лабораторних зразків	1,0-3,0	1,8
3. Границя міцності при стисканні, МПа, за температури: 20 °С не менше 50 °С не менше	2,1 0,60	3,5 0,93
4. Коефіцієнт внутрішнього, не менше	0,91	0,95
5. Зчеплення при зсуві за температури 50 °С, МПа, не менше	0,16	0,17
6. Границя міцності на розтягування при розколюванні за температури 0 °С, МПа	2,0-6,0	2,6
7. Вміст в'язучого, %	6,5-7,5	7,5
8. Масова доля, % зерен мінеральної частини дрібніше даного розміру, мм		
10	100-90	95
5	40-30	35
2,5	29-19	25
1,25	26-16	22
0,63	22-13	19
0,315	20-11	17
0,14	17-11	13
0,071	15-10	10

Таблиця Б.11 – Визначення показників асфальтобетону (суміш)
ЩМАС – 10

Найменування показників	Норма за ДСТУ Б В.2.7-127	Результати випробувань
1. Залишкова пористість, % за об'ємом	1,5-3,5	2,9
2. Водонасичення, % за об'ємом лабораторних зразків	1,0-3,0	2,5
3. Границя міцності при стисканні, МПа, за температури: 20 °С не менше 50 °С не менше	2,1 0,60	3,5 0,73
4. Коефіцієнт внутрішнього, не менше	0,91	0,98
5. Зчеплення при зсуві за температури 50 °С, МПа, не менше	0,16	0,13
6. Границя міцності на розтягування при розколюванні за температури 0 °С, МПа	2,0-6,0	2,3
7. Вміст в'язучого, %	6,5-7,5	6,9
8. Масова доля, % зерен мінеральної частини дрібніше даного розміру, мм		
10	100-90	95
5	40-30	36
2,5	29-19	26
1,25	26-16	23
0,63	22-13	21
0,315	20-11	18
0,14	17-11	15
0,071	15-10	10

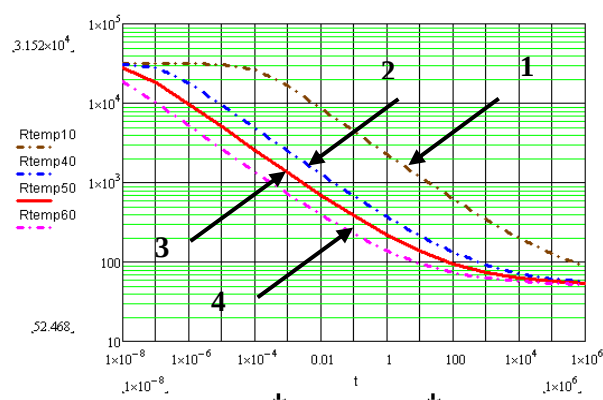
Результати визначення границі міцності на розтяг при згині різних асфальтобетонів при температурі +20 °С та 0 °С наведено в таблиці Б.12.

Результати визначення границі міцності на розтяг при згині різних асфальтобетонів свідчать, що застосування полімеру дозволяє збільшити міцність на 10 – 50 %. Серед асфальтобетонів, що отримані на бітумі без модифікаторів найбільшу міцність має асфальтобетон типу Б, а найменшу ЦМА-10 та ЦМА-20. Серед асфальтобетонів, що отримані на бітумі із застосуванням модифікаторів найбільшу міцність має асфальтобетон ЦМА-20, а найменшу – асфальтобетон типу А.

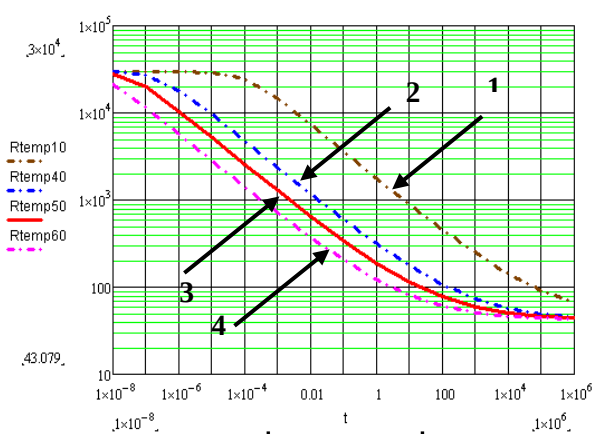
Таблиця Б.12 – Результати визначення границі міцності на розтяг при згині асфальтобетону

Шифр	T, °C	V, мм/хв	R зг., МПа	R зг (сер)., МПа	δ	Сер. квадратичне відхилення, σ	Коефіцієнт варіації, Кв%
1	2	3	4	5	6	7	8
Тип А	20	128	6,93 6,18 5,54	6,56	0,14	0,37	5,71
Тип А (з полімером)	0	128	8,74 7,80 6,57	7,70	0,54	0,73	9,53
Тип Б	20	128	6,93 7,43 7,16	7,17	0,06	0,25	3,51
Тип Б(з полімером)	0	128	8,44 9,56	9,00	0,31	0,56	6,17
ЦМА-10	20	128	5,31 5,27	5,29	0,00	0,02	0,41
ЦМПА-10	0	128	10,84 9,30	10,07	0,60	0,77	7,66
ЦМА-20	20	128	5,43 6,55 5,83	5,94	0,64	0,80	13,46
ЦМПА-20	0	128	9,22 13,29 10,88	11,13	16,36	4,04	36,35

Графічно наведено криві функції релаксації, функції модуля деформації та функції модуля пластичності, що визначені згідно розділів 2 та 3 (рис. Б.1 – Б.12).



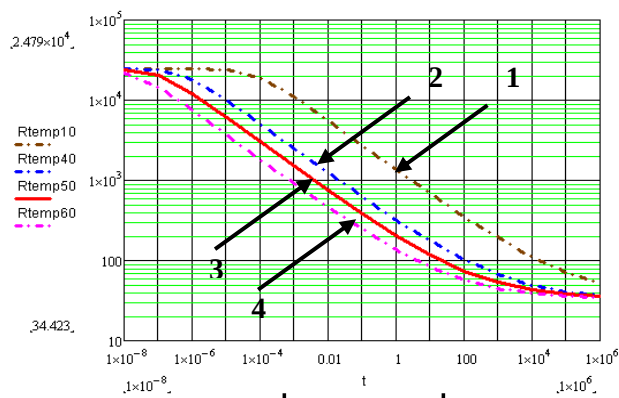
1 – при +10 °C; 2 – при +40 °C;
3 – при +50 °C; 4 – +60 °C



1 – при +10 °C; 2 – при +40 °C;
3 – при +50 °C; 4 – +60 °C

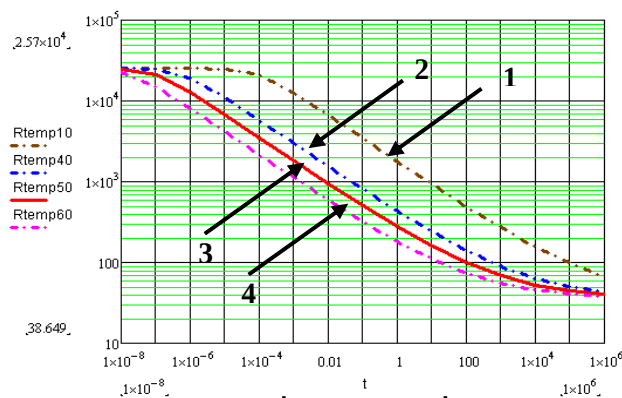
Рисунок Б.1 – Криві функції релаксації $R(t)$ асфальтобетону типу А-20; при температурі

Рисунок Б.2 – Криві функції релаксації $R(t)$ асфальтобетону типу Б-20



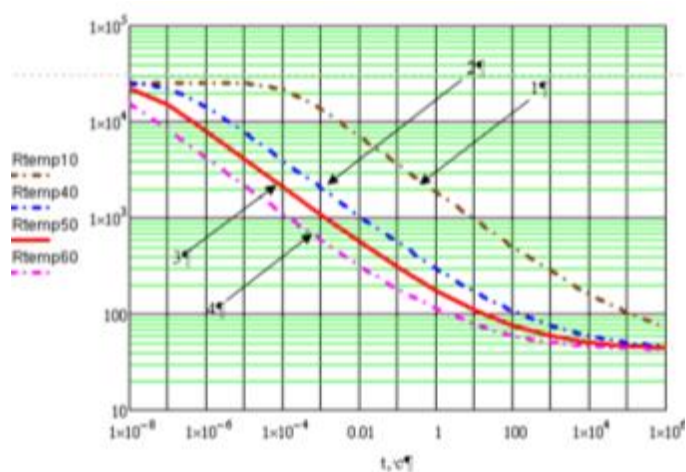
1 – при +10 °C; 2 – при +40 °C;
3 – при +50 °C; 4 – +60 °C

Рисунок Б.3 – Криві функції релаксації $R(t)$ ЦМА-20



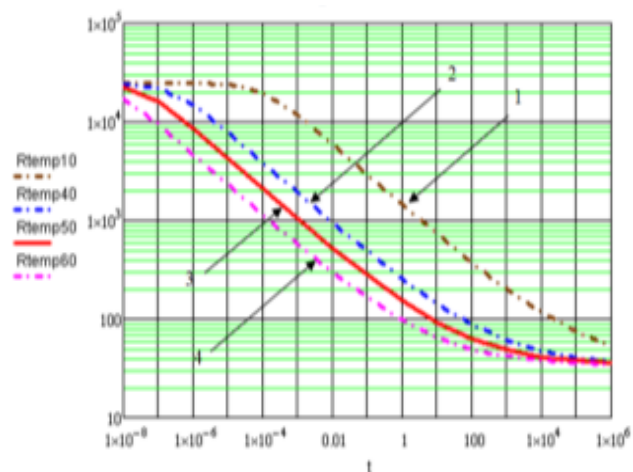
1 – при +10 °C; 2 – при +40 °C;
3 – при +50 °C; 4 – +60 °C

Рисунок Б.4 – Криві функції релаксації $R(t)$ ЦМА-10



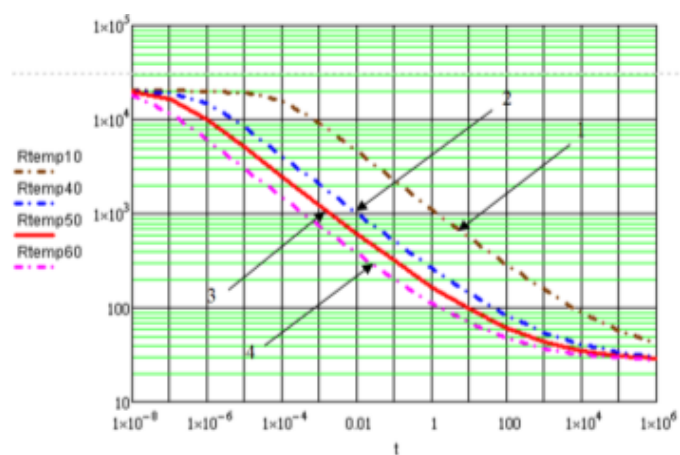
1 – при +10 °C; 2 – при +40 °C;
3 – при +50 °C; 4 – +60 °C

Рисунок Б.5 – Криві функції модуля деформації $E_d(t)$ асфальтобетону типу А-20



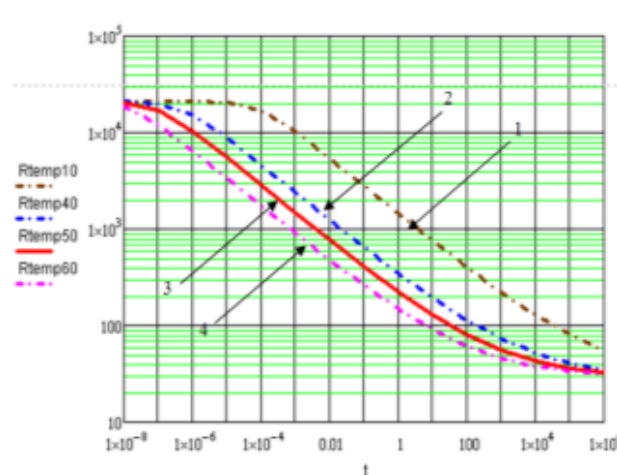
1 – при +10 °C; 2 – при +40 °C;
3 – при +50 °C; 4 – +60 °C

Рисунок Б.6 – Криві функції модуля деформації $E_d(t)$ асфальтобетону типу Б-20



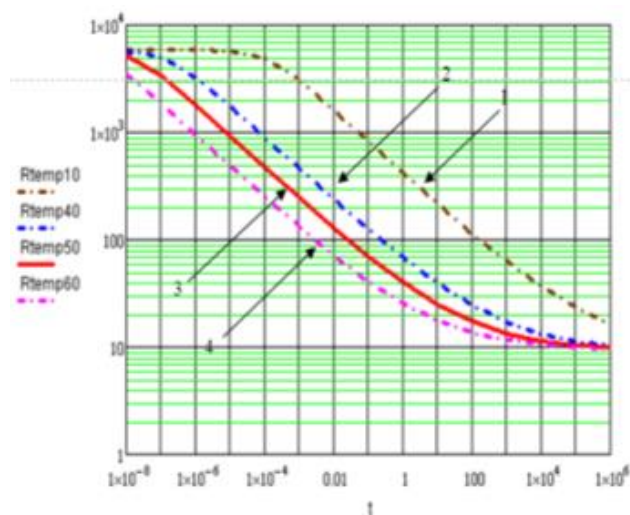
1 – при +10 °C; 2 – при +40 °C;
3 – при +50 °C; 4 – +60 °C

Рисунок Б.7 – Криві функції модуля деформації $E_d(t)$ ЩМА-20



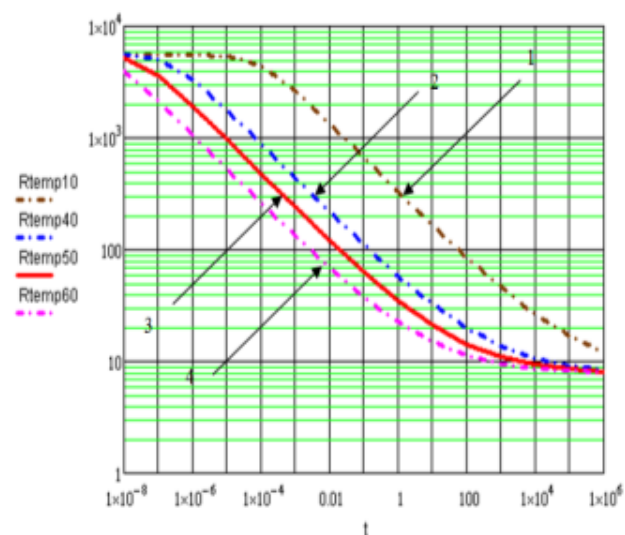
1 – при +10 °C; 2 – при +40 °C;
3 – при +50 °C; 4 – +60 °C

Рисунок Б.8 – Криві функції модуля деформації $E_d(t)$ ЩМА-10



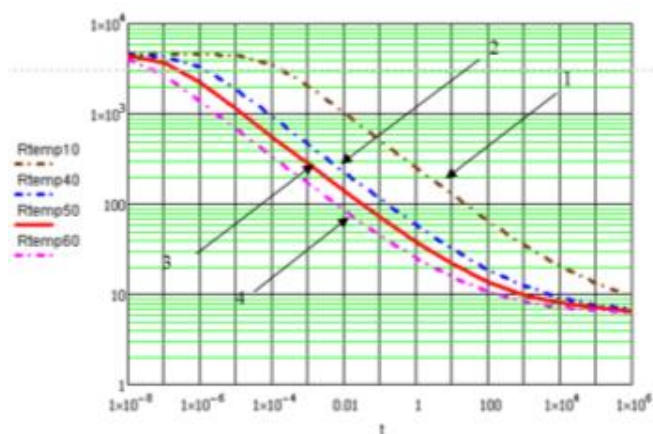
1 – при +10 °C; 2 – при +40 °C;
3 – при +50 °C; 4 – +60 °C

Рисунок Б.9 – Криві функції модуля пластичності $E_n(t)$ асфальтобетону типу А-20



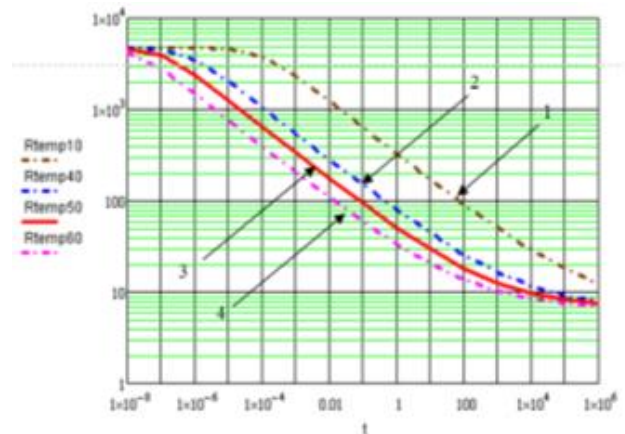
1 – при +10 °C; 2 – при +40 °C;
3 – при +50 °C; 4 – +60 °C

Рисунок Б.10 – Криві функції модуля пластичності $E_n(t)$ асфальтобетону типу Б-20



1 – при +10 °C; 2 – при +40 °C;
3 – при +50 °C; 4 – +60 °C

Рисунок Б.11 – Криві функції модуля пластичності $E_n(t)$ ЦМА-20



1 – при +10 °C; 2 – при +40 °C;
3 – при +50 °C; 4 – +60 °C

Рисунок Б.12 – Криві функції модуля пластичності $E_n(t)$ ЦМА-10

Б.2 Визначення колійності експериментальними методами

Випробування конструкцій дорожнього одягу на кільцевому стенді полягають у створенні статичного або динамічного навантаження за допомогою транспортних засобів та у спостереженні за напружено-деформованим станом шарів дорожнього одягу та земляного полотна шляхом вимірювання переміщень, деформацій та напружень в них в умовах, наближених до роботи дорожнього одягу на автомобільній дорозі під дією кліматичних факторів та транспорту згідно з [115]. Робота виконувалася на кільцевому стенді ДП «Дорожній контроль якості» під керівництвом Мозгового В.В.

Визначення параметрів поперечного профілю верхнього шару дорожнього покриття виконувалося згідно з методикою [115].

Виміри поперечного профілю у створі (рис. Б.13) виконують у дев'яти точках: під центром шин (3, 7), по краях шин (2, 4, 6, 8) та посередині між ними (5), включаючи зону здимань з обох сторін (1, 9). Відлік виконують виміром відстані від поверхні покриття до верхньої грані триметрової рейки з точністю до 1 мм., схема розміщення рейки Б.14.

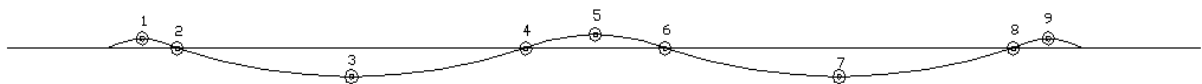
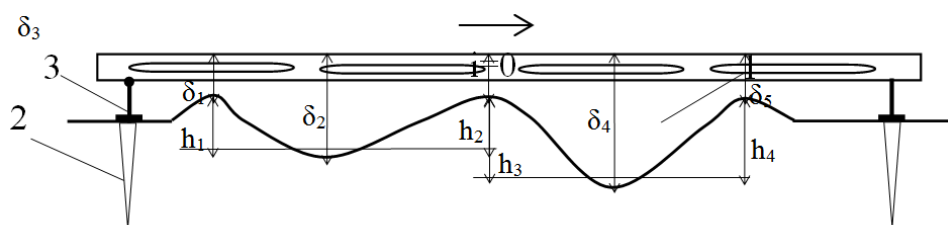


Рисунок Б.13 – Схема вимірювання поперечного профілю у створі на одній з колій [8, 115]



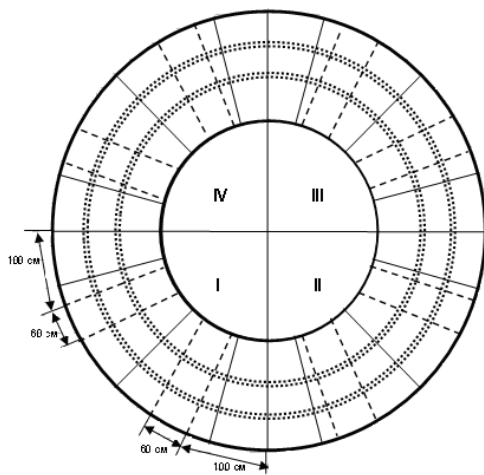
1 – рейка; 2 – костилі (репери); 3 – стійки

Рисунок Б.14 – Схема вимірювання параметрів поперечної рівності проїзної частини на кільцевому стенді [8, 115]

Крім того було проведено визначення параметрів колійності в поперечному перерізі на поверхні шарів дорожнього одягу згідно з [115].

Визначали характеристики поперечного профілю поверхні кожного шару в вертикальному перерізі конструкції дорожнього одягу згідно з [115].

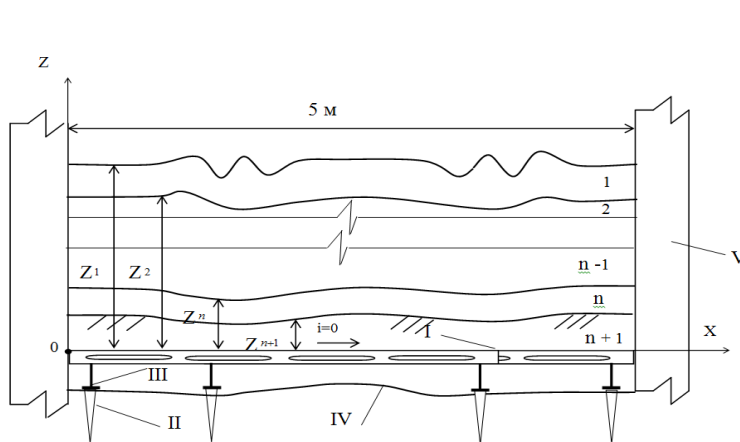
Після проведення випробувань, визначали місце розташування траншеї для випробувальної секції та влаштовують їх з шириною не менше 60 см на всю ширину покриття дослідної секції і на товщину, що перевищує товщину дорожнього одягу на 30 см. Траншеї влаштовують на відстані 100 см від краю границі сектору (за схемою рис. Б.15).



----- – межі траншеї

Рисунок Б.15 – Схема влаштування траншей на кільцевому стенді для визначення параметрів колійності в поперечному перерізі на поверхні шарів дорожнього одягу

Встановлюють триметрові рейки на дні вздовж межі траншеї біля однієї з вертикальних стін в горизонтальному положенні рис. Б.16.



I – триметрова рейка; II – металевий репер; III – опора рейки; IV – ґрунт земляного полотна; V – бетонна стіна кільцевого стенду, Z^n – відстань від верху рейок до поверхні шару «n»; 1, 2, ..., n – шари конструкції дорожнього одягу; n + 1 – ґрунт земляного полотна

Рисунок Б.16 – Схема визначення параметрів колійності в поперечному перерізі на поверхні шарів дорожнього одягу [115]

Товщина кожного шару, що відповідає горизонтальній координаті x визначається за виразом:

$$h_i(x) = z_i(x) - z_{i+1}(x). \quad (\text{Б.1})$$

Такі розрахунки виконуються для кожної із чотирьох вертикальних поперечних перерізів вздовж межі траншеї і використовуються для встановлення середньоарифметичних значень параметрів колійності δ_i та товщин шарів h_i :

$$\overline{\delta_i} = \frac{\sum_{i=1}^4 \delta_i}{4}, \quad \overline{h_i} = \frac{\sum_{i=1}^4 h_i}{4}, \quad (\text{Б.2})$$

а також їх коефіцієнтів варіації:

$$K_{\text{в}}^{\delta} = \frac{\sigma^{\delta}}{\overline{\delta}}, \quad K_{\text{в}}^h = \frac{\sigma^h}{\overline{h}}, \quad (\text{Б.3})$$

де σ^{δ} та σ^h – відповідно середньоквадратичне відхилення параметрів колійності δ_i та товщини h_i .

$K_{\text{в}}^{\delta}$ та $K_{\text{в}}^h$ визначаються в характерних точках.

Результати експериментальних досліджень наведено в розділі 3.

Результати вимірювання колійності досліджуваних конструкцій (розділ 3) наведено на рис. Б.17 – Б.24.

Колієутворення оцінювали на основі інструментального визначення величини колійності за допомогою триметрової рейки, вимірювання поперечного профілю у створі виконувалось за допомогою лінійки у дев'яти точках на кожній смузі накату: під центром, по краях кожного балону та посередині між спареними балонами, включаючи зону випору з обох сторін. Для оцінки утворення випору та виключення похибки при наростанні колії до рейки при необхідності були прикріплені опори, які виносились за зону деформацій покриття.

Проведена робота з вивчення процесу колієутворення на покриттях, влаштованих з різних типів асфальтобетону, дозволяє відмітити, що інтенсивність наростання колії в залежності від числа проходів електромобілів в усіх контрольних створах має кілька характерних ділянок. Перша ділянка кожного з графіків від нуля до 20000 обертів стенду, друга – 20000 – 21250 обертів і третя від 21250 до 29150 обертів. Найбільша колія виникла на секції IV на внутрішній колії, де верхній шар покриття влаштовано з традиційного дрібнозернистого асфальтобетону типу «Б». Найменша колія на секції II з верхнім шаром покриття, влаштованого з щебенево-мастикового асфальтобетону на щебені з розміром зерен до 20 мм. Величина колії на верхньому шарі покриття влаштованого з асфальтобетону з використанням модифікованих бітумів Елвалоєм АМ та Бутоналом NS 198 займає проміжне місце. Кращі результати, з точки зору глибини колії, на асфальтобетоні з бітумом модифікованим термопластом Елвалой АМ.

Деформації у вигляді колії виникли і за рахунок доущільнення конструктивних шарів і накопичення місцевих деформацій в основі дорожнього одягу. Якщо в щебених основах виникають незначні зміщення, на покритті деформації можуть не проявлятися відразу. Але при цьому відбувається скритий процес руйнування, який виражається в безперервному подрібненні кам'яних матеріалів основи за рахунок обламування кутів, зносу ребер зерен щебеню. При багаторазовому прикладанні навантажень по одному сліду, що відбувається в умовах стендових випробувань, незначні деформації сумуються і приводять до появи нерівностей у вигляді колії.

Процес колієутворення на дорожньому одязі складається з двох етапів. На першому етапі відбувається плавний зсув асфальтобетонного покриття на смугах накату. Зменшення при цьому товщини асфальтобетонного покриття викликає зниження його міцності і збільшення напружень в основі дорожньої конструкції. Перевищення розрахункових напружень в основі дорожньої конструкції обумовлює другий етап розвитку колійних деформацій, в процесі якого під дією рухомого навантаження, яке створюють

електромобілі, відбувається послаблення структури, яка виражається в зниженні коефіцієнту внутрішнього тертя і показника зчеплення за рахунок руйнування більш крупних фракцій, зносу, обламування кутів і ребер, округлення зерен основного скелета. Це знижує зсувостійкість основи і сприяє розвитку колійних деформацій дорожньої конструкції.

Щебенево-мастиковий асфальтобетон володіє більшою зсувостійкістю, ніж звичайний асфальтобетон.

Високий вміст крупного заповнювача та переривиста гранулометрія ЦМА забезпечують високу стабільність, міцний каркас, який сприймає основне навантаження і добре відновлюється після зняття навантаження. ЦМА створює високий опір деформаціям: товста плівка бітуму і стабілізуючі добавки забезпечують високу жорсткість, підвищують зсувостійкість покриття і запобігають дробленню заповнювача під дією транспортних засобів.

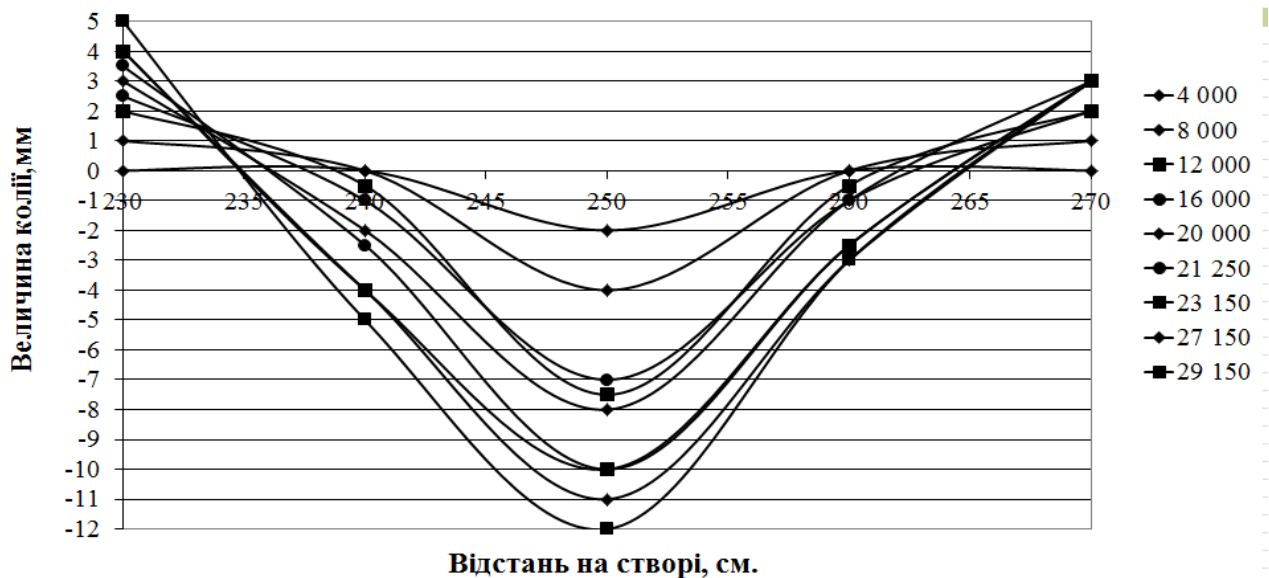


Рисунок Б.17 – Динаміка наростання колії (внутрішня), в конструкції дорожнього одягу на підсекції I (створ II)

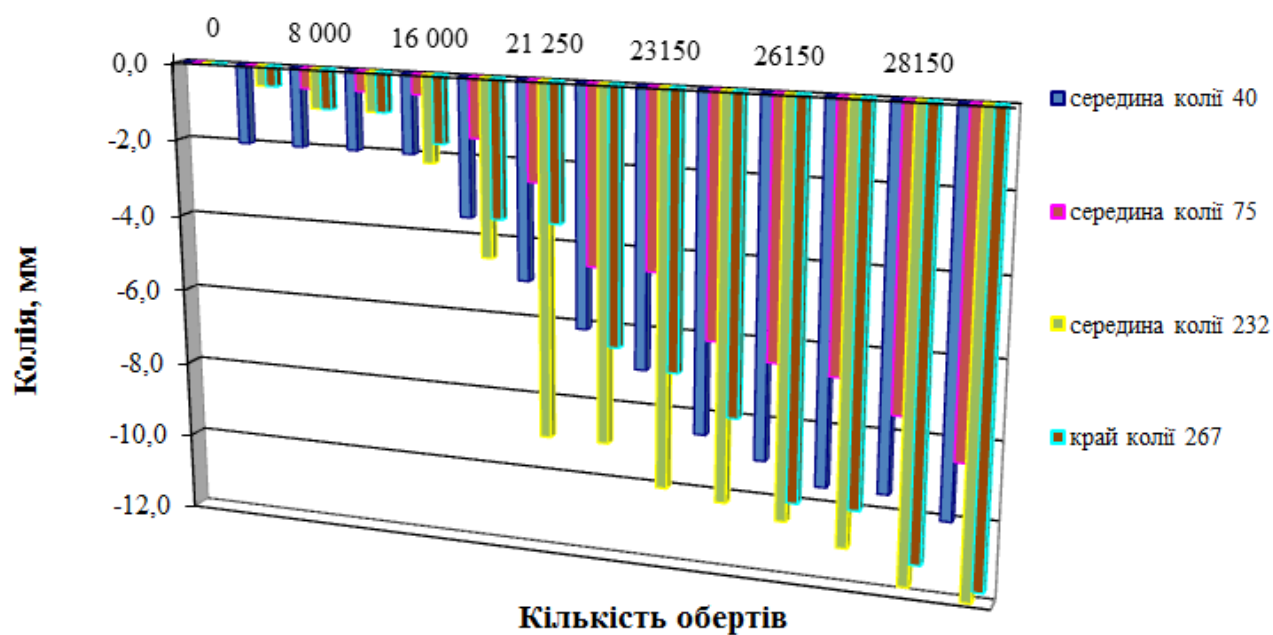


Рисунок Б.18 – Інтенсивність наростання колії на підсекції I (створ II), від кількості проходів електромобілів

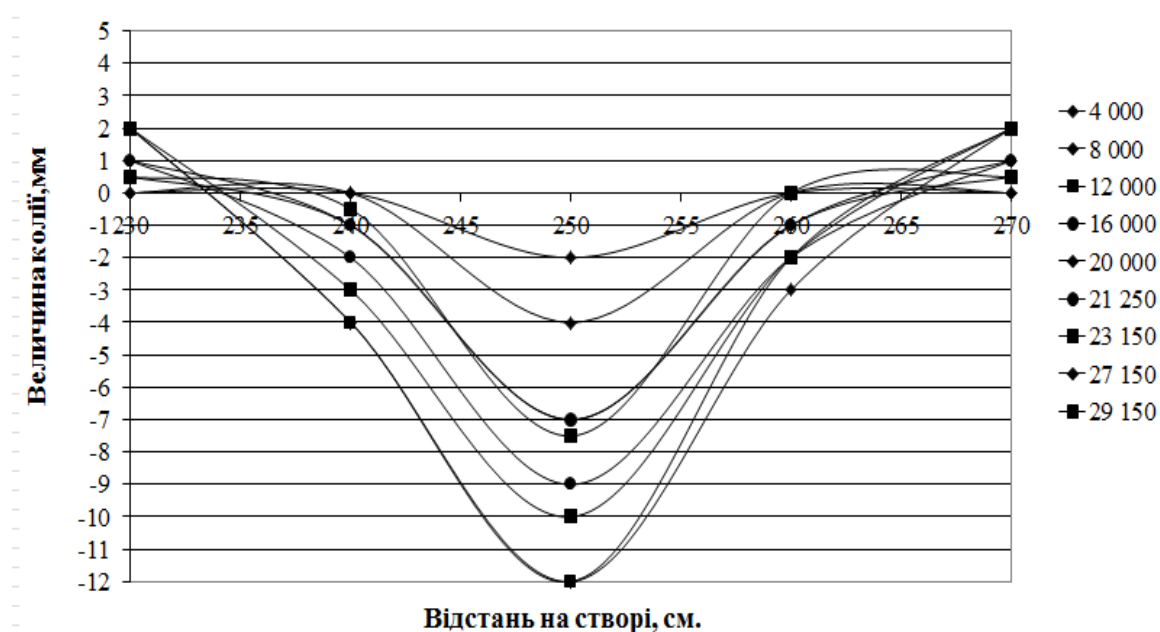


Рисунок Б.19 – Динаміка наростання колії (внутрішня), в конструкції дорожнього одягу на підсекції I (створ III), від кількості проходів електромобілів

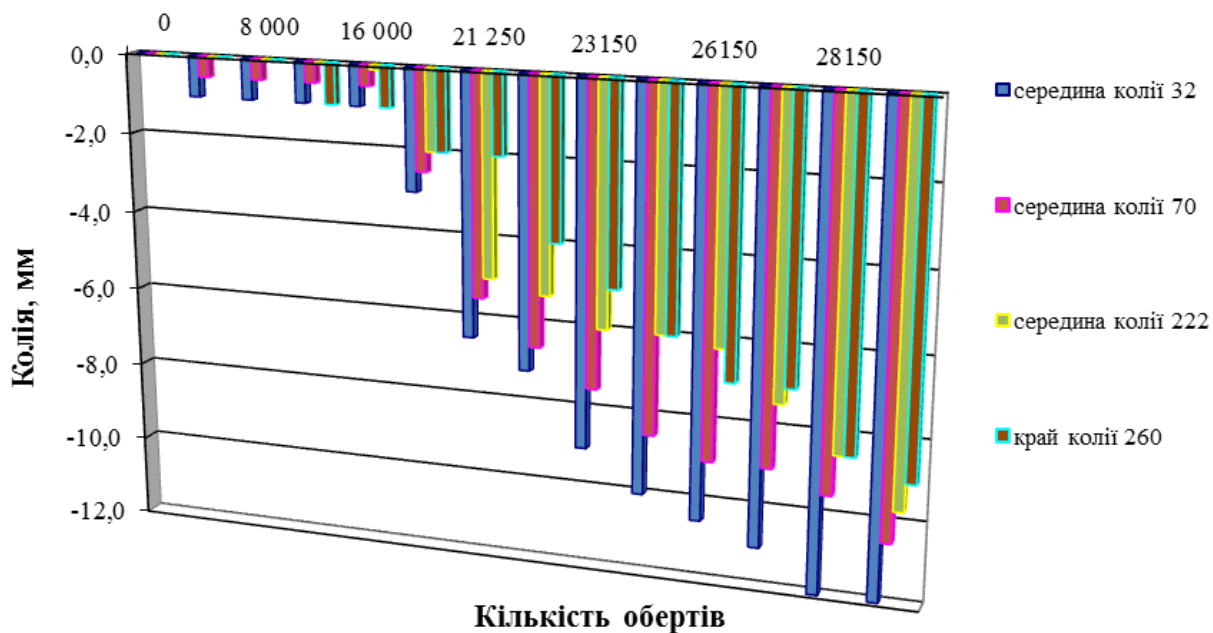


Рисунок Б.20 – Інтенсивність наростання колії на підсекції I (створ III), від кількості проходів електромобілів

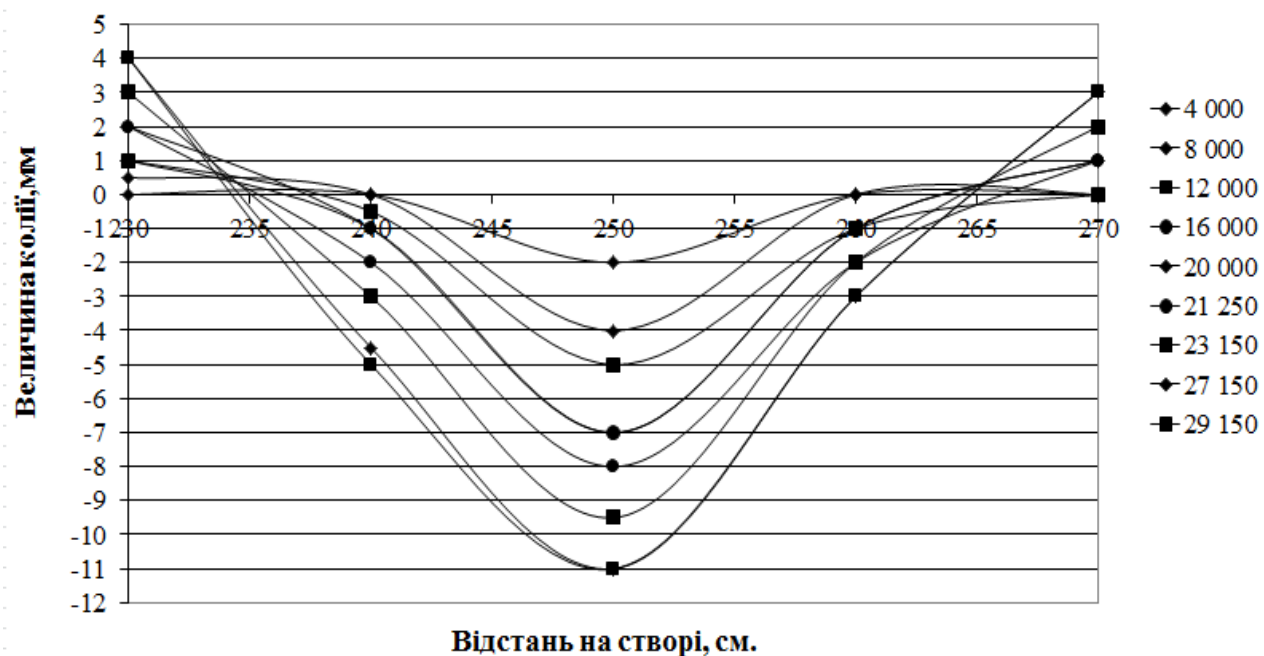


Рисунок Б.21 – Динаміка наростання колії (внутрішня), в конструкції дорожнього одягу на підсекції II (створ IV), від кількості проходів електромобілів

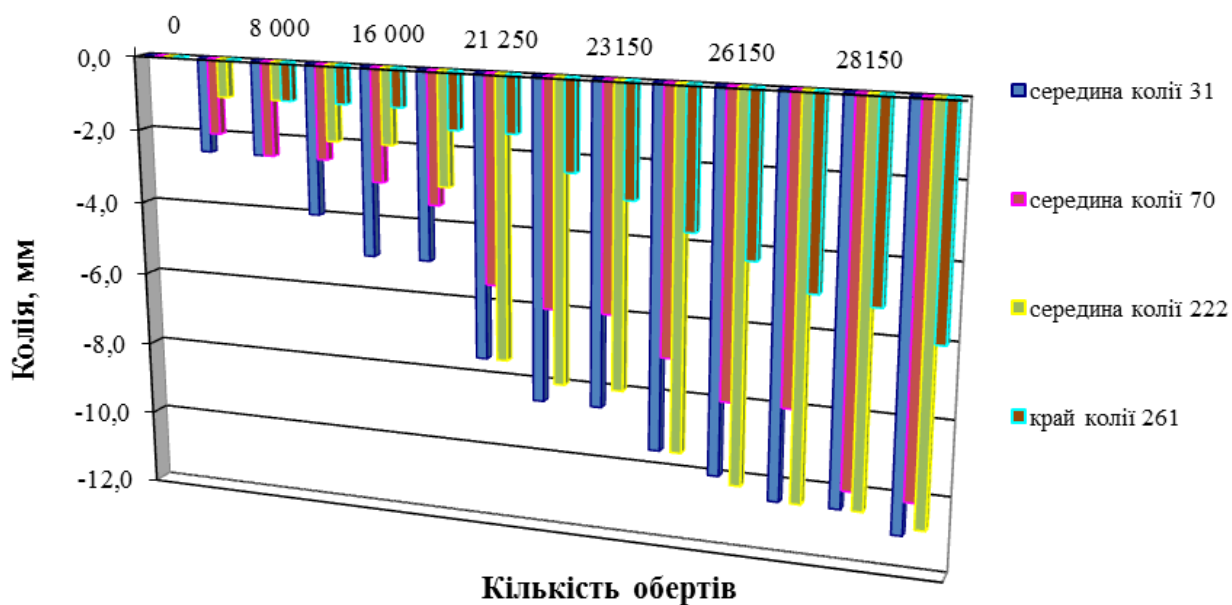


Рисунок Б.22 – Інтенсивність наростання колії на підсекції II (створ IV), від кількості проходів електромобілів

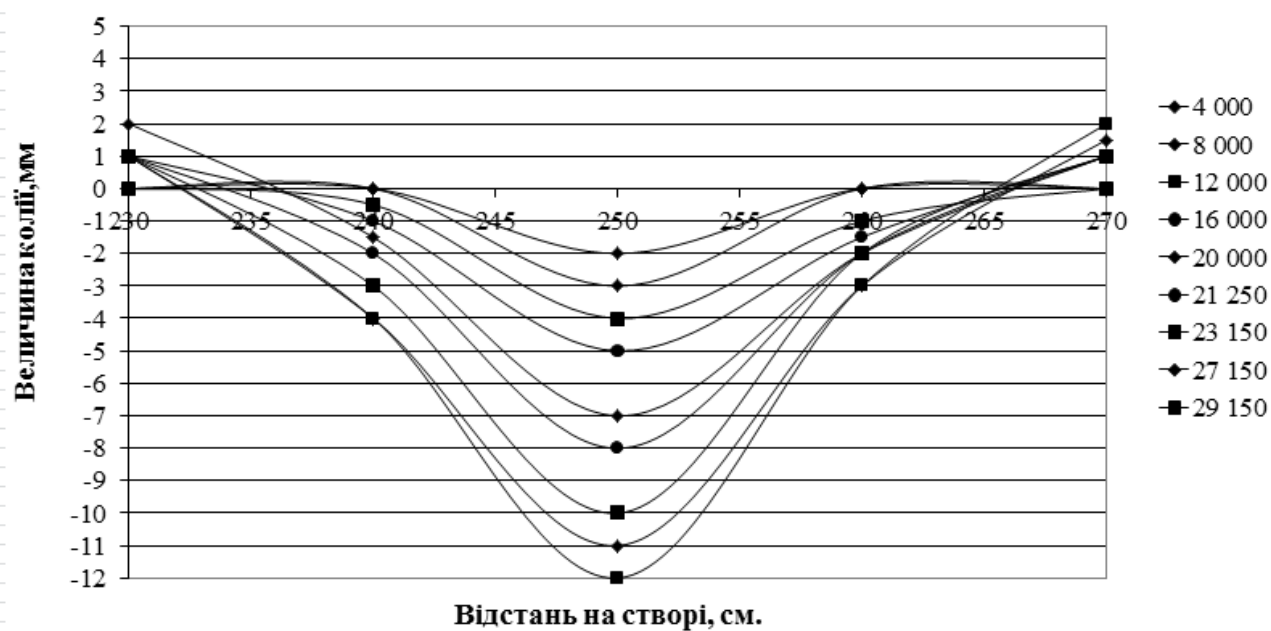


Рисунок Б.23 – Динаміка наростання колії (внутрішня), в конструкції дорожнього одягу на підсекції II (створ V), від кількості проходів електромобілів

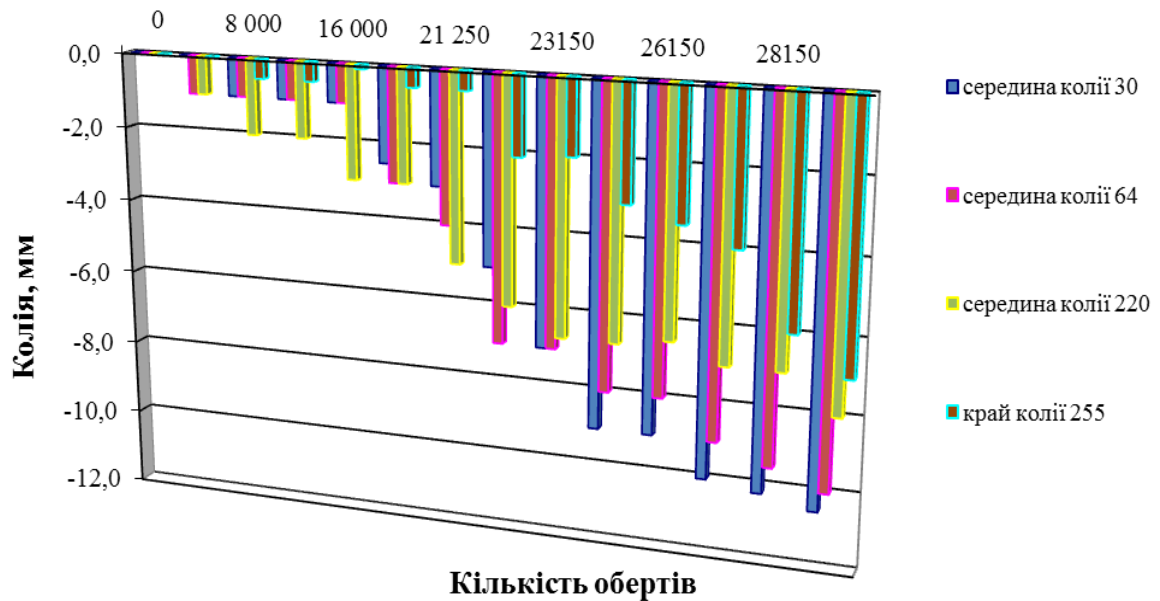


Рисунок Б.24 – Інтенсивність наростання колії на підсекції II (створ V), від кількості проходів електромобілів

Результати вимірювань пружного прогину та загальний модуль пружності наведено в таблиці Б.13 – Б.17.

Таблиця Б.13 – Результати розрахунку значення модуля пружності експериментальних конструкцій (конструкції 2010-2011 рр.)

Сектор	№ створа	Температура, °C	Поправка на температуру	Зовнішня колія					Внутрішня колія				
				Відлік з навантаженням	Відлік без навантаження	Прогин, мм	Статичний прогин	Модуль пружності, МПа	Відлік з навантаженням	Відлік без навантаження	Прогин, мм	Статичний прогин	Модуль пружності, МПа
I	1	t~33°C	0,7	92	70	0,44	0,31	659	46	26	0,4	0,28	729
	2			96,5	78,5	0,36	0,25	817	57	35,5	0,43	0,30	681
	3			96	76	0,40	0,28	729	20,5	1,5	0,38	0,27	756
II	4			85	68,5	0,33	0,23	888	25	3	0,44	0,31	659
	5			44	27	0,34	0,24	851	97	74	0,46	0,32	638
	6			82	60	0,44	0,31	859	99	76,5	0,45	0,32	638
III	7			51,5	25,5	0,52	0,36	567	51,5	28	0,47	0,33	649
	8			69	47,5	0,43	0,30	681	88	63	0,50	0,35	583
	9			96,5	79	0,35	0,25	817	34	11	0,46	0,32	638
IV	10			79	59	0,40	0,28	729	71	49	0,44	0,31	659
	11			96,5	75,5	0,42	0,29	704	95,5	68,5	0,54	0,38	537
	12			32,5	14,5	0,36	0,25	817	68	42	0,52	0,36	567

Таблиця Б.14 – Результати розрахунку значення модуля пружності експериментальних конструкцій (конструкції 2011-2014 рр.)

№ створа	Розташування точки вимірювання	Примітка	Поправка на температуру	Середнє значення прогину, мм	Середні квадратичні відхилення	Коефіцієнт варіації	t	Розрахунковий пружний прогин, мм	Модуль пружності, МПа
3 ²¹	с.	t~15°C	0,83	0,14	0,014	0,10	2,92	0,16	898
Примірка. в.с.н. – внутрішня смуга накату, с. – середина доріжки									

Таблиця Б.15 – Результати вимірів пружного прогину під колесами електромобіля

№ створу	№ виміру	Внутрішня колія			Зовнішня колія		
		$l^{\text{вн}}$	$l^{\text{вн}}_{\text{сер}}$	$E_{\text{внутр}}$	$l^{\text{зов}}$	$l^{\text{зов}}_{\text{сер}}$	$E_{\text{зовн}}$
1	2	3	4	5	6	7	8
3 ²¹	1	0,26	0,21	231	0,09	0,10	423
	2	0,18			0,11		
	3	0,19			0,1		
	2	0,17			0,17		
	3	0,19			0,11		

Таблиця Б.16 – Результати вимірів пружного прогину під жорстким штампом

№ п п	Створ	Навантаження на штамп, тс	Відлік по індикатору, мм		
			Початковий	Кінцевий	Різниця
1	2	3	4	5	6
1	3 ²¹	0	20,93	20,93	0
2		0,75	20,93	21,00	0,07
3		1,5	21,00	21,13	0,20
4		2,25	21,13	21,27	0,34
5		3	21,27	21,39	0,46
6		3,75	21,39	21,49	0,56

Таблиця Б.17 – Результати порівняння розрахункових і фактичних модулів пружності

№ створа	Модуль пружності розрахунковий, МПа	Модуль пружності фактичний, МПа	Різниця
3 ²¹	504	898	78%

Крім стійкості до накопичення залишкової деформації асфальтобетону на колієстійкість асфальтобетонного покриття суттєво впливає міцність на зчеплення при зсуві між асфальтобетонними шарами. Тому для більш детального аналізу впливу міцності на зчеплення асфальтобетонних шарів, влаштованих на кільцевому стенді, були здійснені лабораторні випробування відібраних кернів з експериментальних секцій. Результати лабораторного визначення міцності на зчеплення при зсуві асфальтобетонних шарів за методикою, наведеною у розділі 3, представлені в таблиці В.18.

Коефіцієнти запасу міцності по розрахунковому граничному напруженні при зсуві між 1-им і 2-им шаром найвищі на секціях 3^{11} (ЩМА20/А20), 3^{12} (ЩМА20/А20), і складають для розрахункових автомобілів групи А1 від 1,23 (1,19) на секції 3^{11} (ЩМА20/А20) підґрунтовка бітумною емульсією до 1,28 (1,23) на секції 3^{12} (ЩМА20/А20) підґрунтовка модифікованою полімер-бітумною емульсією), для розрахункових автомобілів групи А2 – від 1,48 (1,4) на секції 3^{11} (ЩМА20/А20) до 1,54 (1,47) на секції 3^{12} (ЩМА20/А20), значення коефіцієнтів запасу міцності по розрахунковому граничному напруженні при зсуві в дужках відповідають випробуванням проведеним повторно, після зсуву.

Коефіцієнтах запасу міцності по розрахунковому граничному напруженні при зсуві між 2-им і 3-им шаром на секціях 3^{11} (А20/А20), 3^{12} (А20/А20), і складають для розрахункових автомобілів групи А1 від 0,95 (0,97) на секції 3^{11} (А20/А20) до 1,23 (1,19) на секції 3^{12} (А20/А20), для розрахункових автомобілів групи А2 – від 1,16 (1,18) на секції 3^{11} (А20/А20) до 1,48 (1,41) на секції 3^{12} (А20/А20), значення коефіцієнтів запасу міцності по розрахунковому граничному напруженні при зсуві в дужках відповідають випробуванням проведеним повторно, після зсуву.

Такі результати дають змогу зробити висновок про те, що найкращі конструктивні і технологічні рішення за коефіцієнту запасу міцності при зсуві між шарами, де застосовано емульсію, модифіковану полімером, (на зчеплених кернах секцій 3^{11} та 3^{12} .

Б.3 Визначення максимальної щільності скелету ґрунту

Визначення оптимальної вологості і максимальної щільності скелету ґрунту.

Суть методу полягає у встановленні залежності щільності скелету ґрунту ρ_d , г/см³ від його вологості w , % при ущільненні зразків з постійною витратою роботи. Вологість, при якій досягається максимальна щільність скелету ґрунту $\rho_{d \text{ макс.}}$, є оптимальною вологістю $w_{\text{опт.}}$, %.

Результати визначення максимальної щільності скелету ґрунту наведені на рис. Б.25, Б.26.

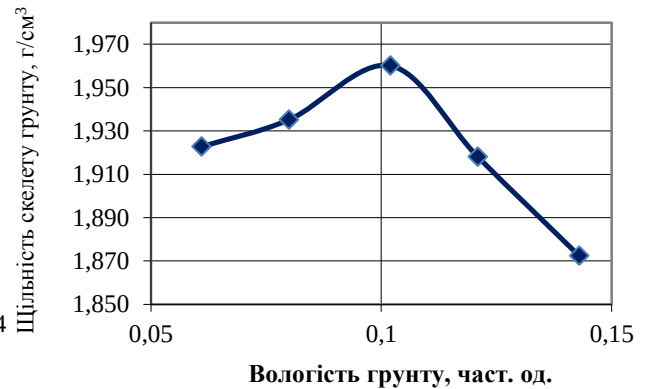
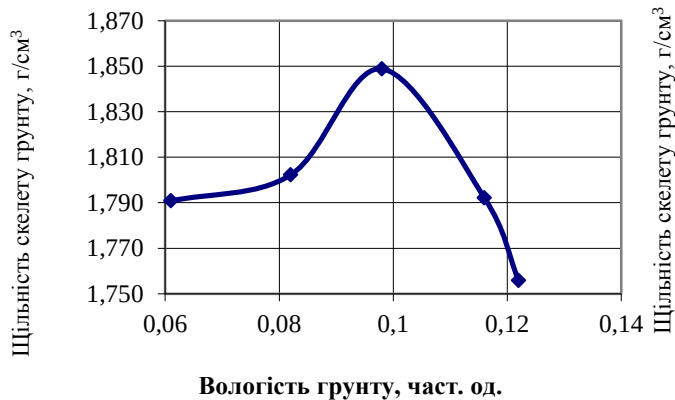


Рисунок Б.25 – Залежність щільності скелету ґрунту від вологості (пісок)

Рисунок Б.26 – Залежність щільності скелету ґрунту від вологості (супісок)

При приготуванні сумішей ґрунту з добавкою волокон та цементом в повітряно-сухий ґрунт вносили добавку та визначали оптимальну вологість та максимальну щільність скелету ґрунту .

Результати визначення максимальної щільності скелету ґрунту з добавкою волокон та цементом наведені на рис. Б.27 – Б.32.

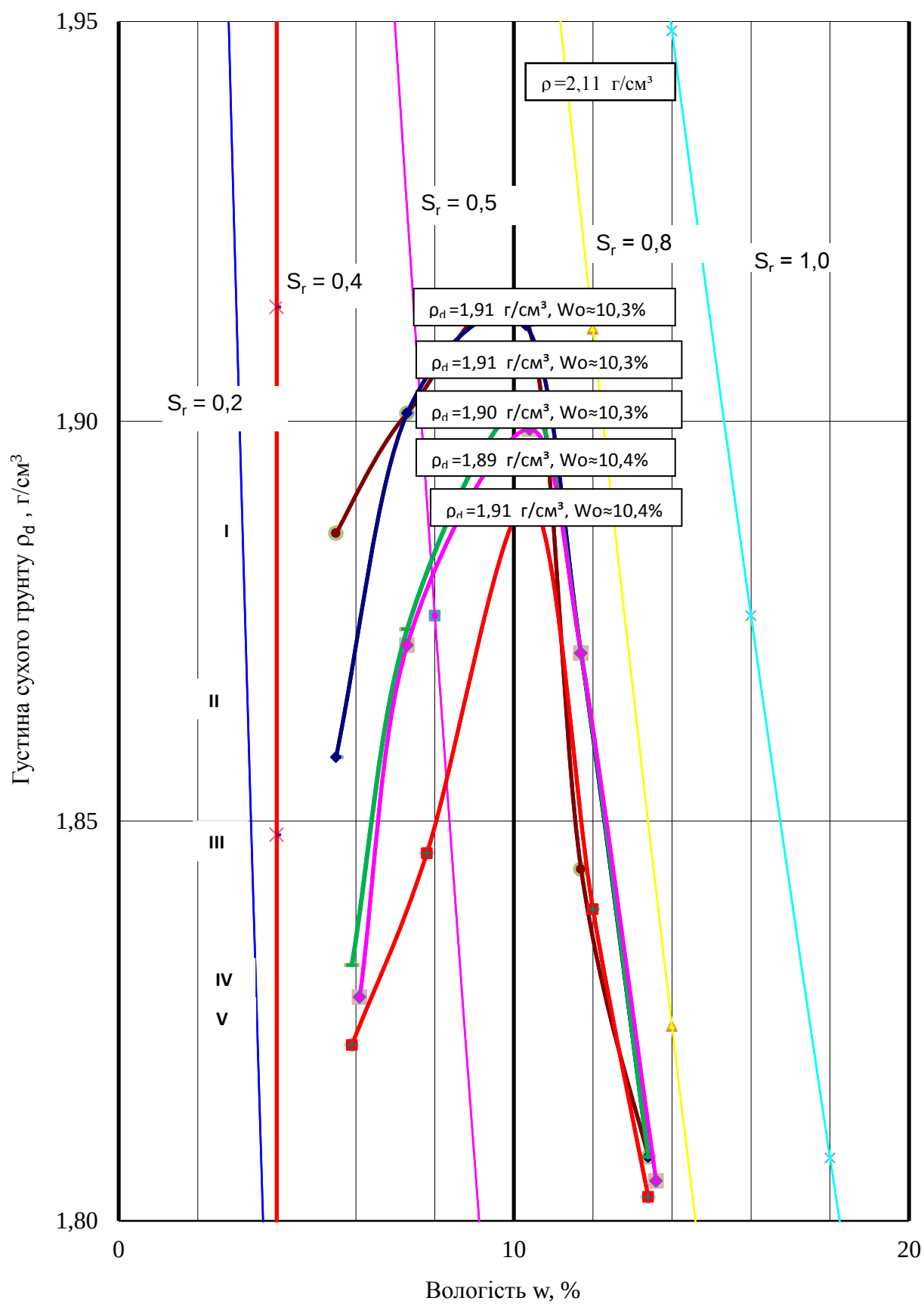


Рисунок Б.27 – Залежність щільності скелету ґрунту від вологості при 5 % ПЦ (пісок)

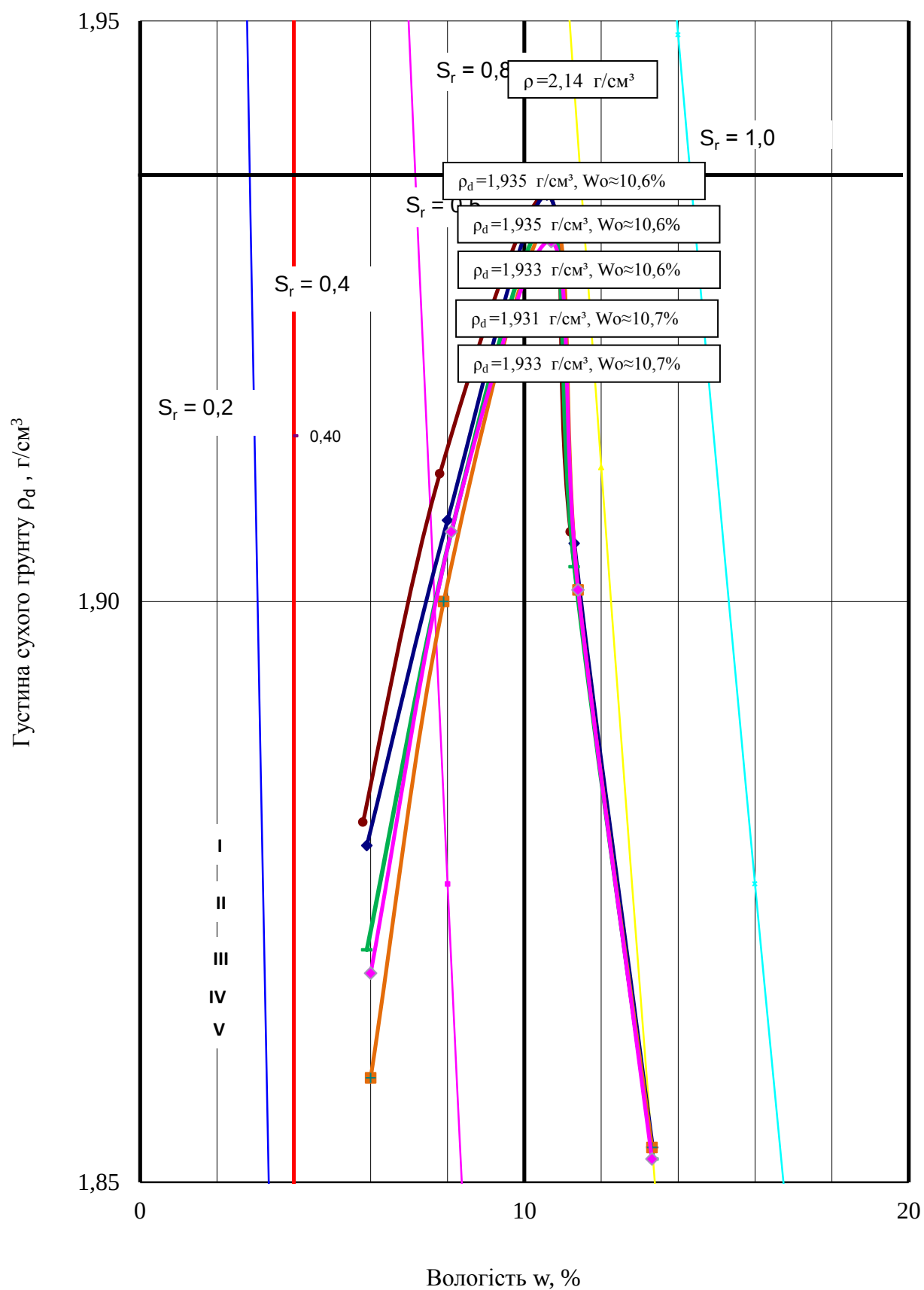


Рисунок Б.28 – Залежність щільності скелету ґрунту від вологості при 9 % ПЦ (пісок)

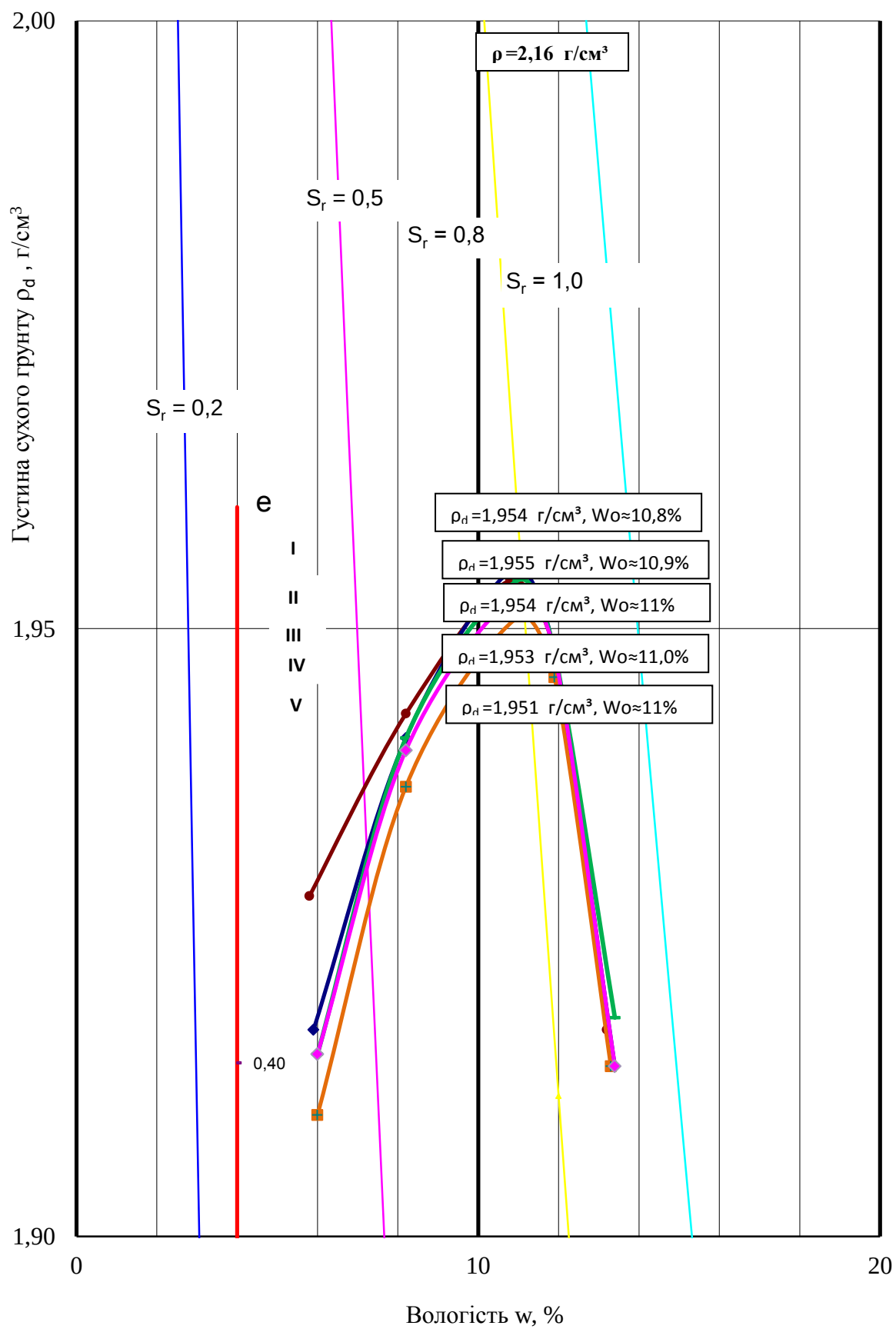


Рисунок Б.29 – Залежність щільності скелету ґрунту від вологості при 13 % ПЦ (пісок)

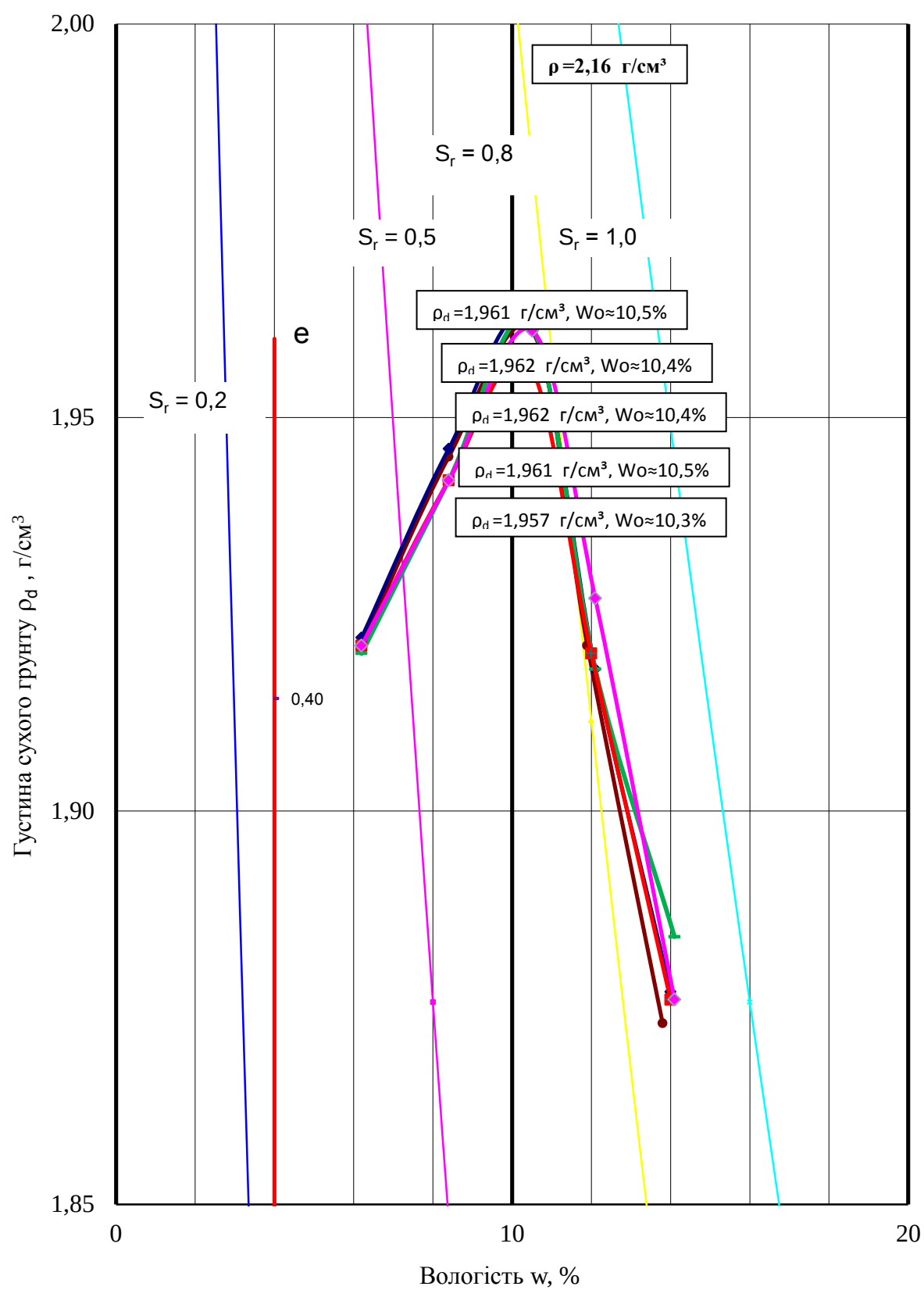


Рисунок Б.30 – Залежність щільності скелету ґрунту від вологості при 5 % ПЦ (супісок)

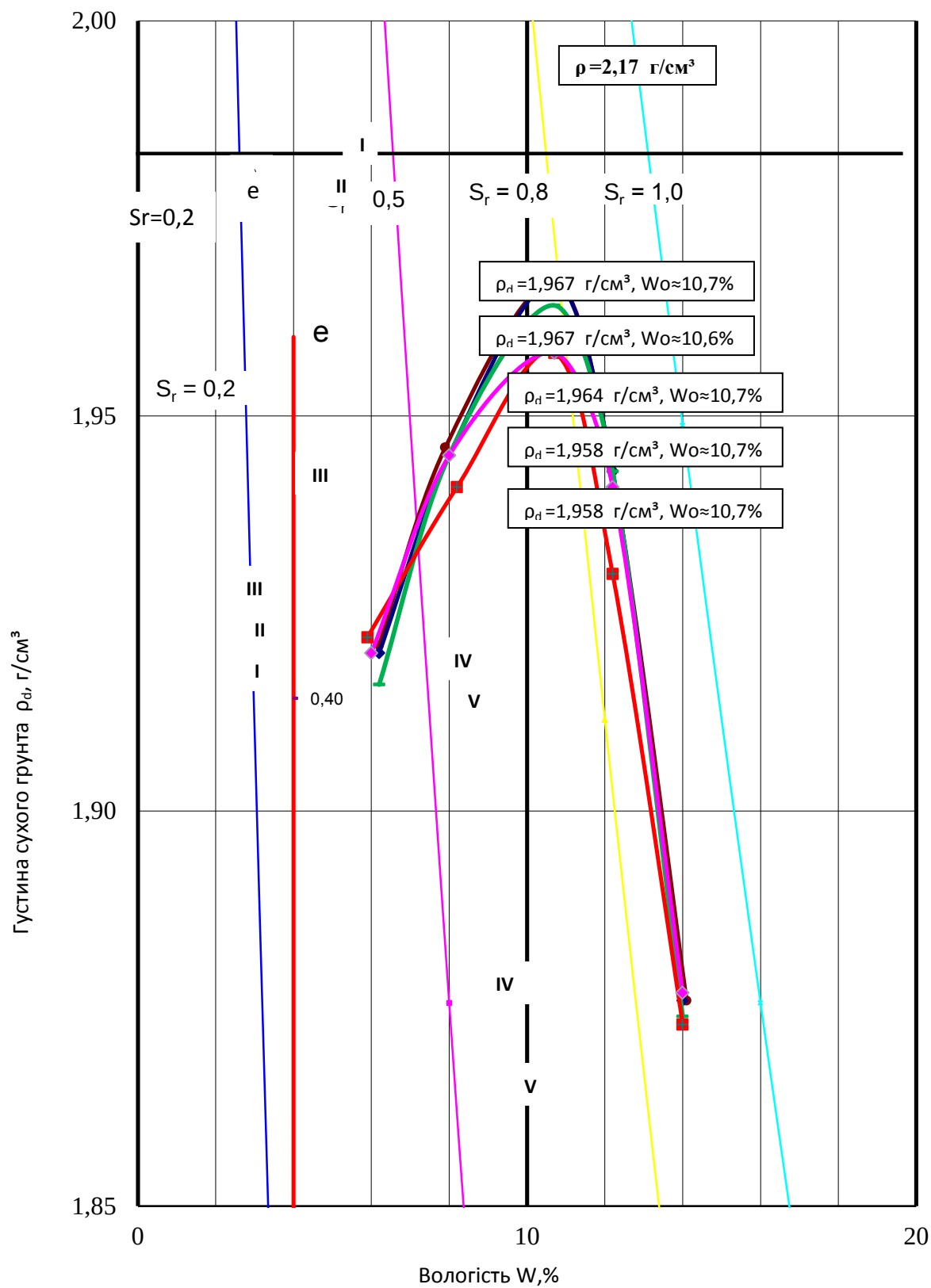


Рисунок Б.31 – Залежність щільності скелету ґрунту від вологості при 9 % ПЦ (супісок)

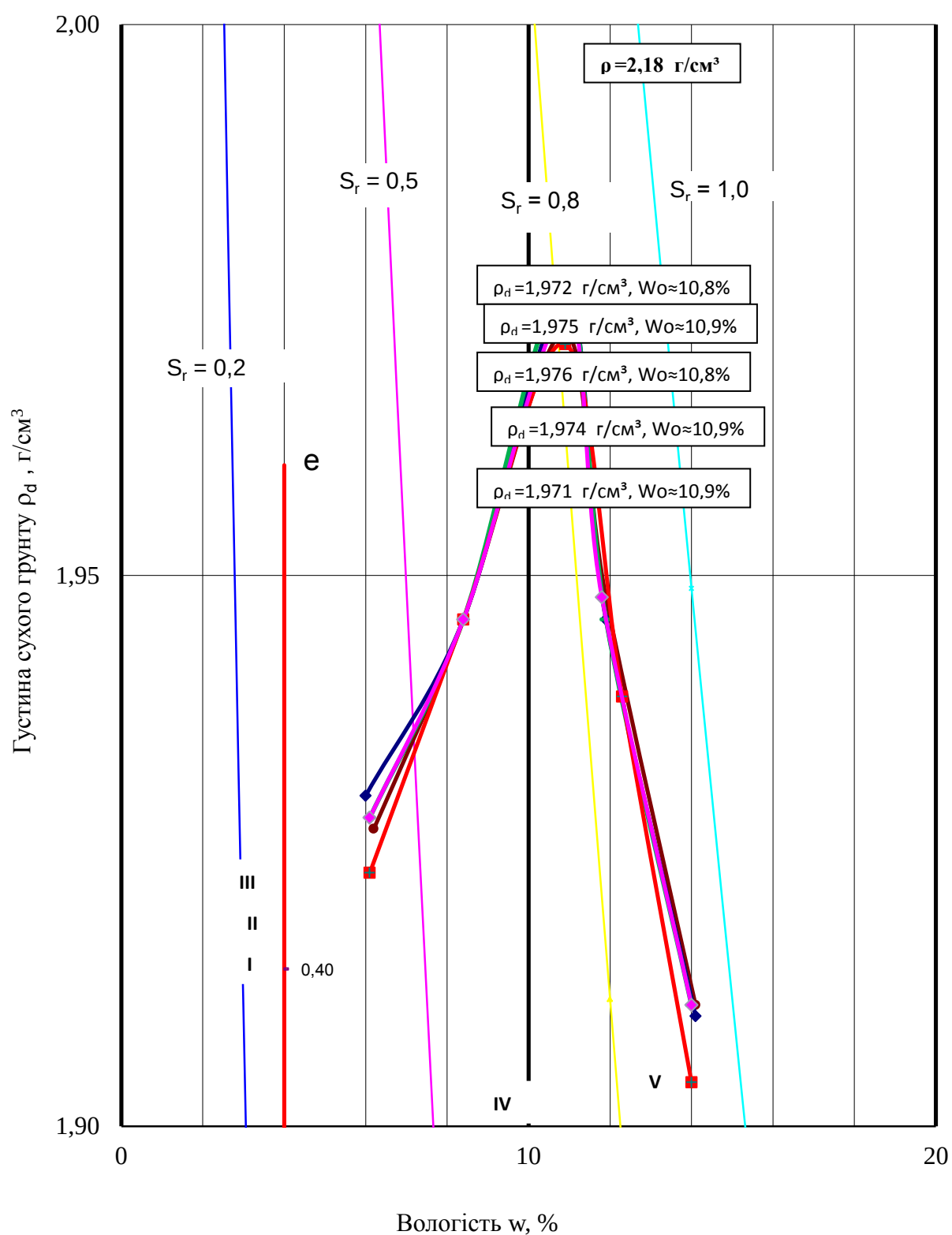


Рисунок Б.32 – Залежність щільності скелету ґрунту від вологості при 13 % ПЦ (супісок)

Визначені показники міцності досліджуваних складів укріплених ґрунтів показали, що в залежності від кількості добавки (як цементу так і цемент + волокон) їх можна суттєво збільшити чи знизити.

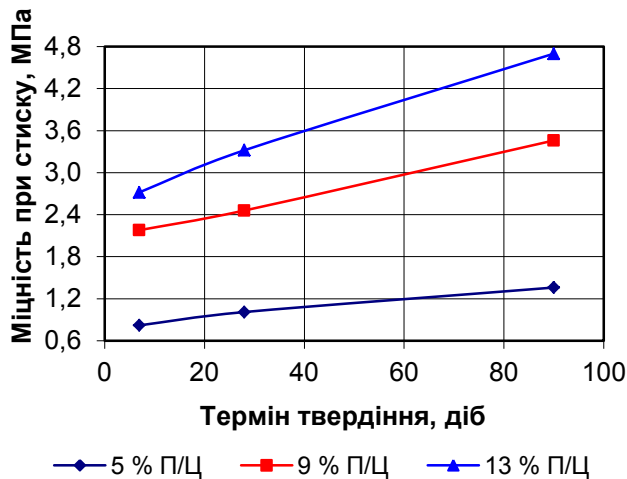


Рисунок Б.33 – Залежність міцності на стиск від часу твердіння контрольних зразків (пісок)

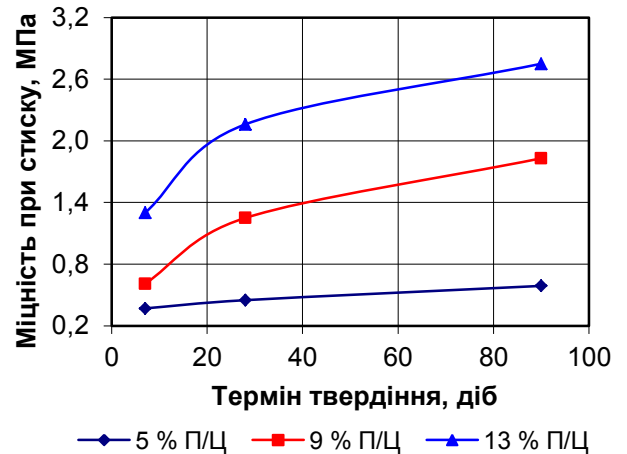


Рисунок Б. 34 – Залежність міцності на стиск від часу твердіння контрольних зразків (супісок)

За результатами випробувань міцності на стиск від часу твердіння контрольних зразків, можна сказати наступне, що при кількості 5% П/Ц від маси ґрунту(пісок) міцність на 90 - ту та 28 - му добу в порівнянні з 7 добою вища на 40% та 19% відповідно. За даними досліджень впливає, що міцність при кількості 9% та 13 % П/Ц від маси ґрунту(пісок) в порівнянні з 5% П/Ц від маси ґрунту на 7-му добу вища на 2,7 разів та 3,3 рази відповідно; на 28-му добу вища на 2,4 разів та 3,2 рази відповідно; на 90-ту добу вища на 2,5 разів та 3,5 рази відповідно.

Що стосується отриманих результатів для контрольних зразків при кількості 5% П/Ц від маси ґрунту(супісок) міцність на 90 - ту та 28 - му добу в порівнянні з 7 добою вища на 38 % та 18% відповідно. За даними досліджень впливає, що міцність при кількості 9% та 13 % П/Ц від маси ґрунту(супісок) в порівнянні з 5% П/Ц від маси ґрунту на 7-му добу вища на

1,6 разів та 3,5 рази відповідно; на 28-му добу вища на 2,7 разів та 4,8 рази відповідно; на 90-ту добу вища на 3,1 разів та 4,6 рази відповідно.

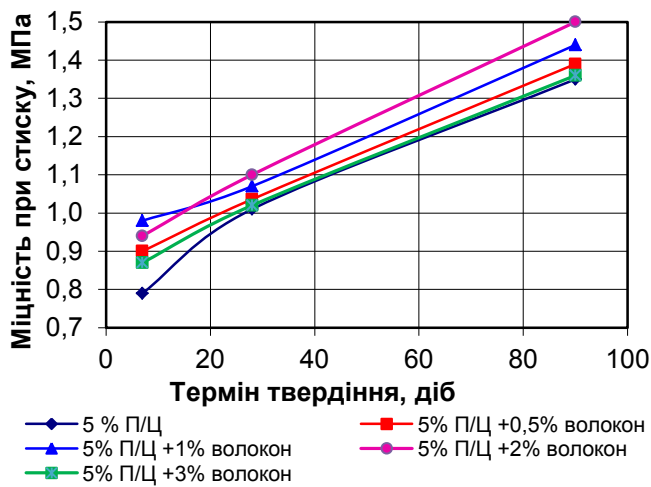


Рисунок Б.35 – Залежність міцності на стиск від часу твердіння при 5% ПЦ та різній кількості волокон (пісок)

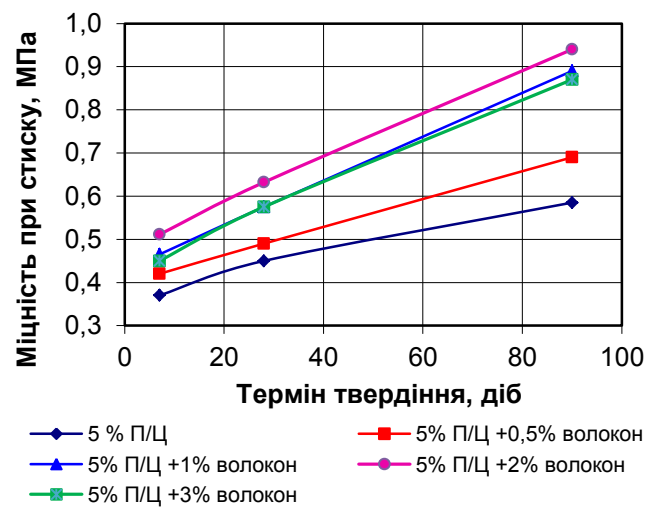


Рисунок Б.36 – Залежність міцності на стиск від часу твердіння при 5% ПЦ та різній кількості волокон (супісок)

Алізуючи отримані результати щодо залежності міцності на стиск від часу твердіння при 5% ПЦ для піску та різній кількості волокон (рис. Б.35), можна сказати наступне, що на 7-му добу в порівнянні з контрольним зразком міцність при додаванні полімерних волокон від маси цементу в кількості 0,5 %, 1 %, 2 %, 3 % вища на 13% , 24%, 18%, 10 % відповідно; на 28-му добу вища на 3 % , 6 % , 9 % , 1 % відповідно; на 90-ту добу на 2 % , 7 % , 12 % , 1 % відповідно. Результати залежності міцності на стиск від часу твердіння при 5% ПЦ для супіску та різній кількості волокон (рис. Б.36), на 7-му добу в порівнянні з контрольним зразком міцність при додаванні полімерних волокон від маси цементу в кількості 0,5 %, 1 %, 2 %, 3 % вища на 14% , 26%, 38%, 22 % відповідно; на 28-му добу вища на 9 % , 26 % , 41%, 28 % відповідно; на 90-ту добу на 18 % , 52 % , 61 % , 49 % відповідно.

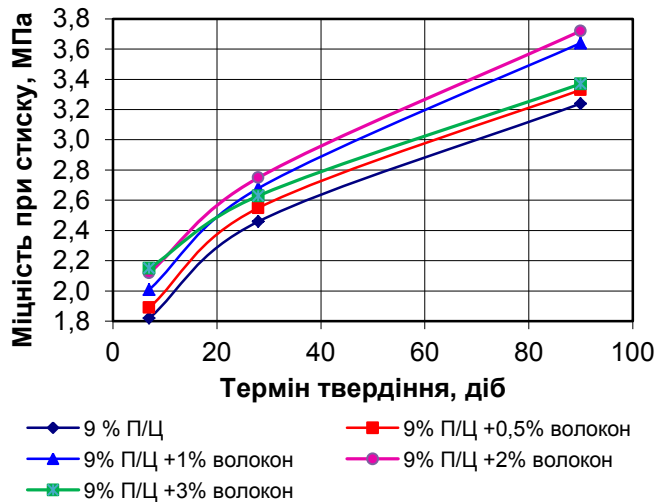


Рисунок Б.37 – Залежність міцності на стиск від часу твердіння при 9% ПЦ та різній кількості волокон (пісок)

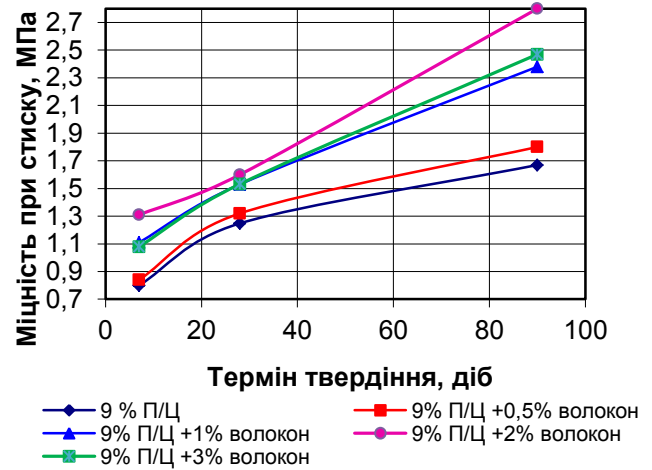


Рисунок Б.38 – Залежність міцності на стиск від часу твердіння при 9% ПЦ та різній кількості волокон (супісок)

Алізуючи отримані результати щодо залежності міцності на стиск від часу твердіння при 9% ПЦ для піску та різній кількості волокон (рис. Б.37), можна сказати наступне, що на 7-му добу в порівнянні з контрольним зразком міцність при додаванні полімерних волокон від маси цементу в кількості 0,5 %, 1 %, 2 %, 3 % вища на 4 %, 11 %, 17%, 18 % відповідно; на 28-му добу вища на 4 %, 9 %, 12 %, 7 % відповідно; на 90-ту добу на 3 %, 12 %, 15 %, 4 % відповідно. Результати залежності міцності на стиск від часу твердіння при 9% ПЦ для супіску та різній кількості волокон (рис. Б.38), на 7-му добу в порівнянні з контрольним зразком міцність при додаванні полімерних волокон від маси цементу в кількості 0,5 %, 1 %, 2 %, 3 % вища на 5 %, 39 %, 64 %, 35 % відповідно; на 28-му добу вища на 6 %, 23 %, 28%, 23 % відповідно; на 90-ту добу на 8 %, 43 %, 68 %, 48 % відповідно.

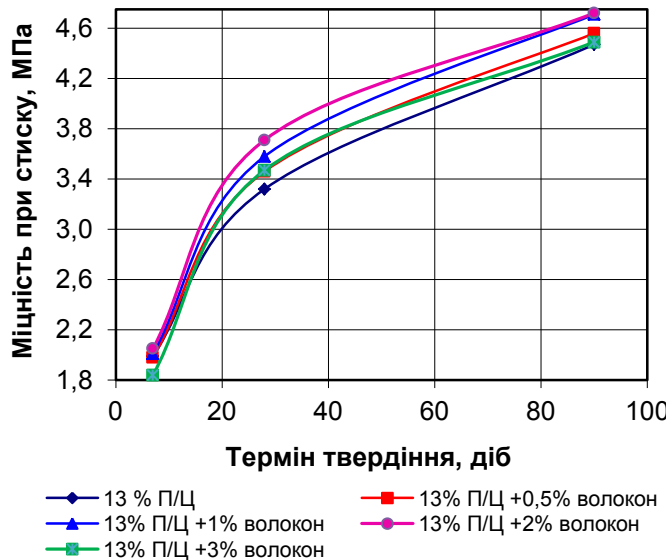


Рисунок Б.39 – Залежність

міцності на стиск від часу твердіння при 13% ПЦ та різних кількості волокон (пісок)

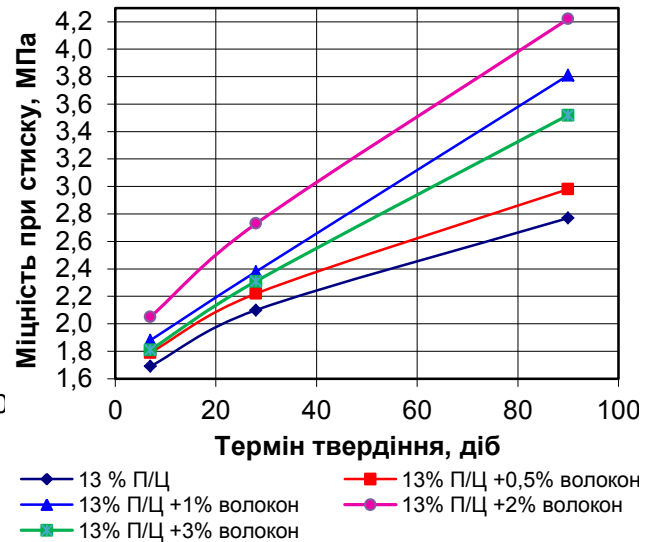


Рисунок Б.40 – Залежність

міцності на стиск від часу твердіння при 13% ПЦ та різних кількості волокон (супісок)

Порівнюючи отримані результати щодо залежності міцності на стиск від часу твердіння при 13% ПЦ для піску та різних кількості волокон (рис. Б.39), можна сказати наступне, що на 7-му добу в порівнянні з контрольним зразком міцність при додаванні полімерних волокон від маси цементу в кількості 0,5 %, 1 % без зміни, для 2 % волокон міцність вища на 3%, а для 3 % волокон від маси цементу, міцність знизилася на 8 % в порівнянні з еталоном; на 28-му добу вища на 4 %, 8 %, 12 %, 5 % відповідно; на 90-ту добу на 2 %, 5 %, 6 %, 1 % відповідно. Результати залежності міцності на стиск від часу твердіння при 13% ПЦ для супіска та різних кількості волокон (рис. Б.40), на 7-му добу в порівнянні з контрольним зразком міцність при додаванні полімерних волокон від маси цементу в кількості 0,5 %, 1 %, 2 %, 3 % вища на 6 %, 11 %, 21 %, 7 % відповідно; на 28-му добу вища на 6 %, 13%, 21%, 10 % відповідно; на 90-ту добу на 8 %, 36 %, 52 %, 27 % відповідно.

Міцність зразків при використанні цементу з волокнами до 68% більше ніж при укріпленні цементом. Особливо суттєва перевага спостерігається на глинистому ґрунті (супіску).

Визначення морозостійкості проводили на зразках – циліндрах після повного водонасичення на 28-у добу за методикою.

Кожний цикл «заморожування-відтавання» складався з наступних операцій: спочатку зразки заморожували у морозильній камері протягом 4 годин при температурі $t = -18^{\circ}\text{C}$, потім зразки занурювали на 4 години у воду кімнатної температури.

Після проведення 5, 10 та 15 циклів заморожування - відтавання на відталих зразках визначали межу міцності при стиску $R_{\text{мор}}$.

Результати визначення межі міцності на стиск від кількості циклів «замороження-відтавання» ґрунтів укріплених різною кількістю добавки наведено на рис. Б.41 – Б.42.

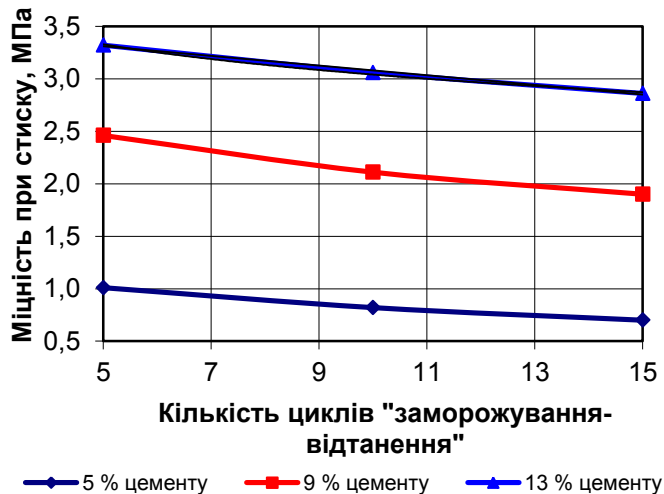


Рисунок Б.41 – Залежність міцності на стиск від кількості циклів «замороження-відтавання» (пісок)

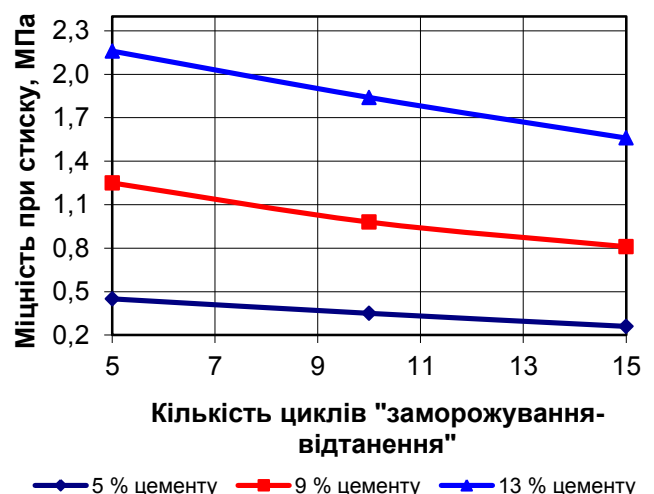


Рисунок Б.42 – Залежність міцності на стиск від кількості циклів «замороження-відтавання» (супісок)

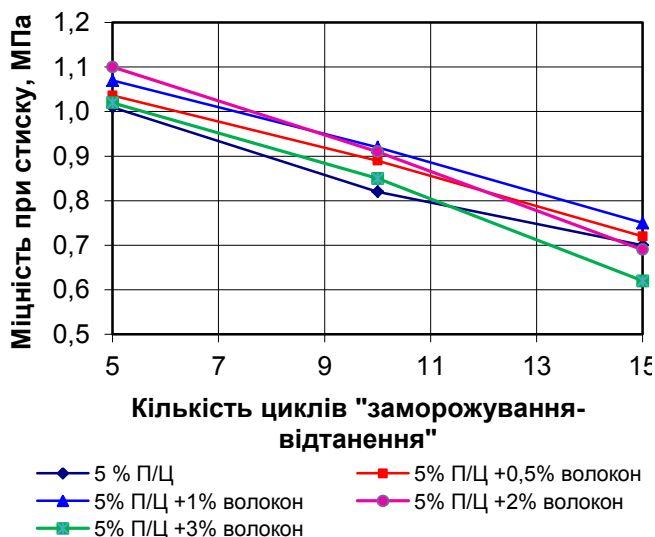


Рисунок Б.43 — Залежність міцності на стиск від кількості циклів «замороження-відтавання», при 5% ПЦ з різною кількістю волокон (пісок)

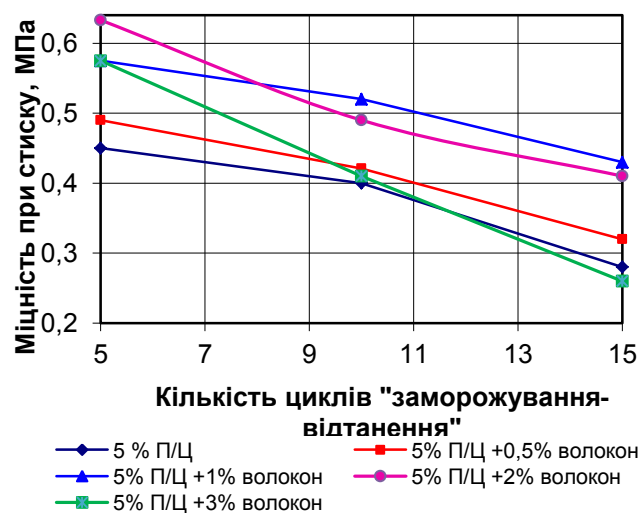


Рисунок Б.44 — Залежність міцності на стиск від кількості циклів «замороження-відтавання», при 5% ПЦ з різною кількістю волокон (супісок)

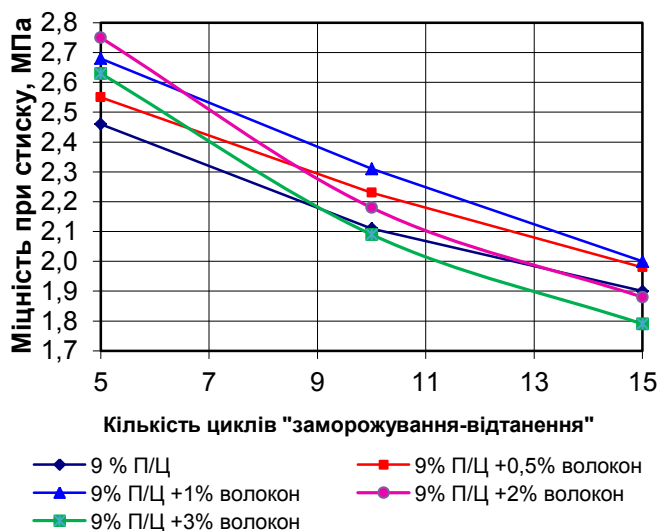


Рисунок Б.45 — Залежність міцності на стиск від кількості циклів «замороження-відтавання», при 9% ПЦ з різною кількістю волокон (пісок)

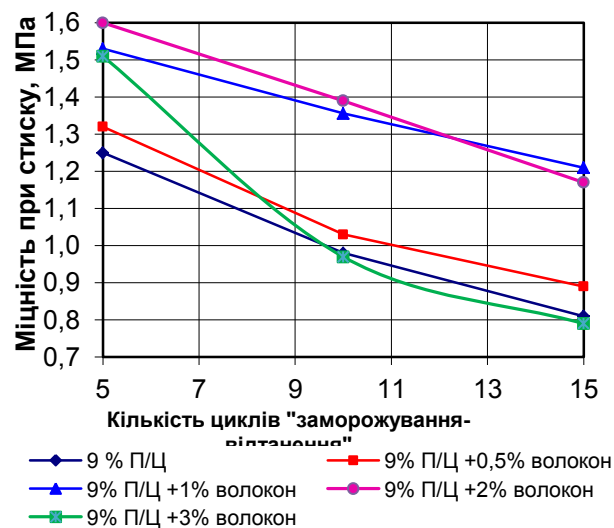


Рисунок Б.46 — Залежність міцності на стиск від кількості циклів «замороження-відтавання», при 9% ПЦ з різною кількістю волокон (супісок)

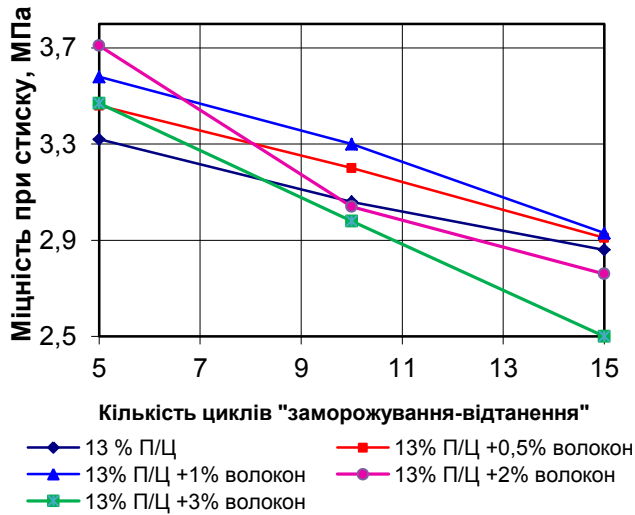


Рисунок Б.47 – Залежність міцності на стиск від кількості циклів «замороження-відтавання», при 13% ПЦ з різною кількістю волокон (пісок)

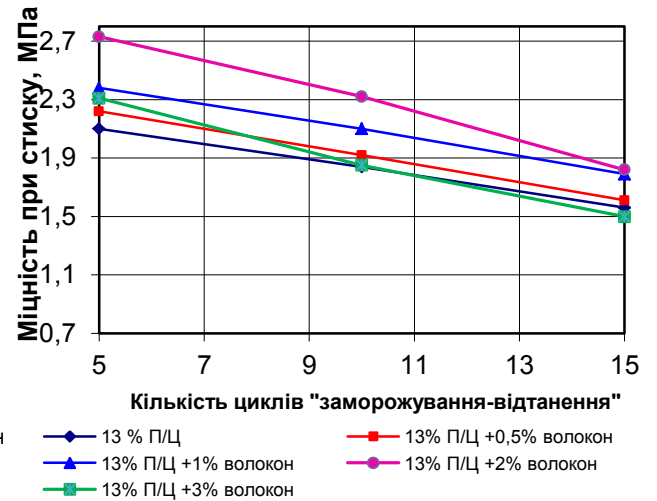


Рисунок Б.48 – Залежність міцності на стиск від кількості циклів «замороження-відтавання», при 13% ПЦ з різною кількістю волокон (супісок)

Результати визначення коефіцієнту морозостійкості ґрунтів укріплених різними добавками наведено на рис. Б.49 – Б.59.

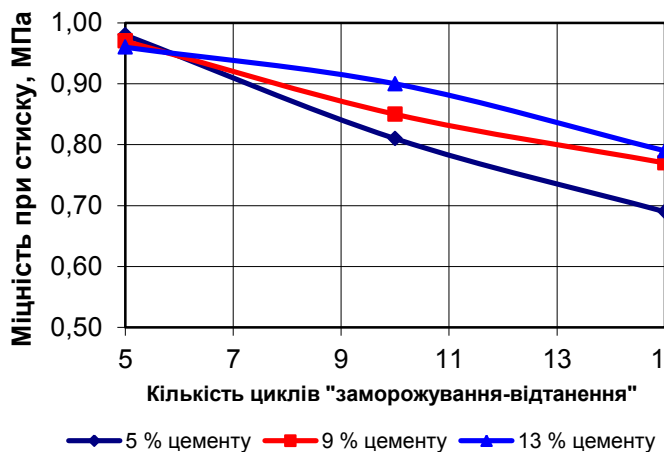


Рисунок Б.49 – Залежність коефіцієнту морозостійкості від кількості циклів «замороження-відтавання», (пісок)

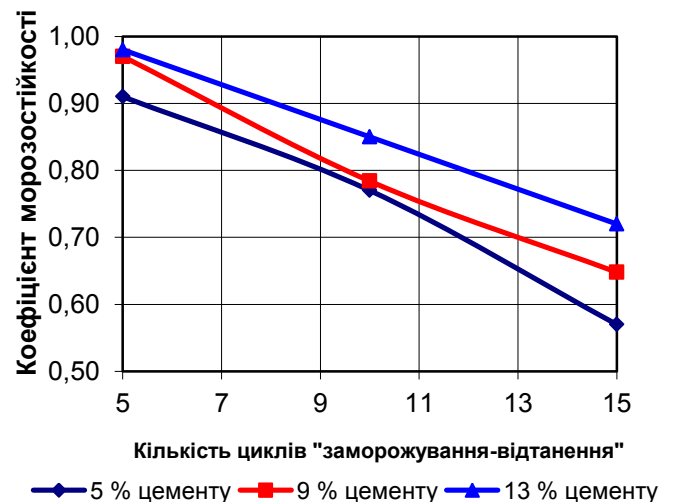


Рисунок Б.50 – Залежність коефіцієнту морозостійкості від кількості циклів «замороження-відтавання», (супісок)

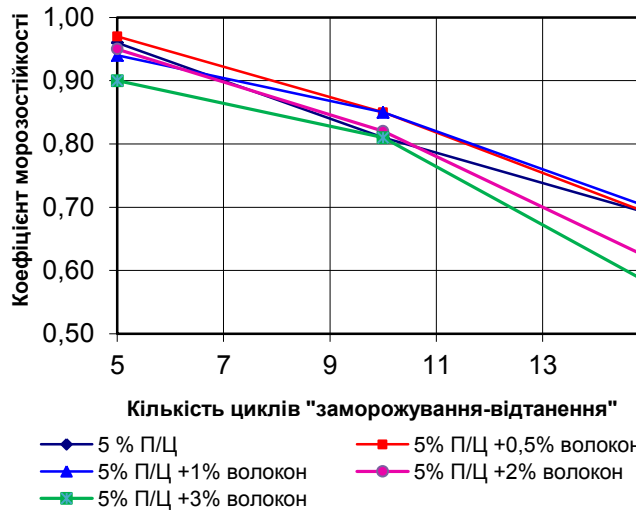


Рисунок Б.51 – Залежність коефіцієнту морозостійкості від кількості циклів «замороження-відтавання» при 5% ПЦ з різною кількістю волокон (пісок)

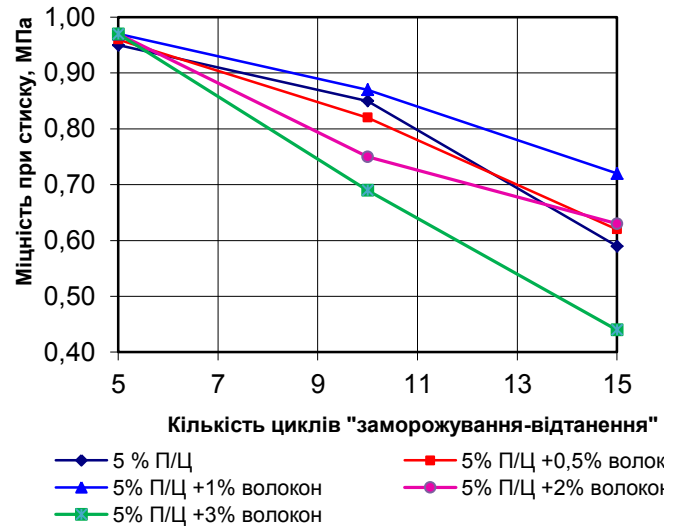


Рисунок Б.52 – Залежність коефіцієнту морозостійкості від кількості циклів «замороження-відтавання» при 5% ПЦ з різною кількістю волокон (супісок)

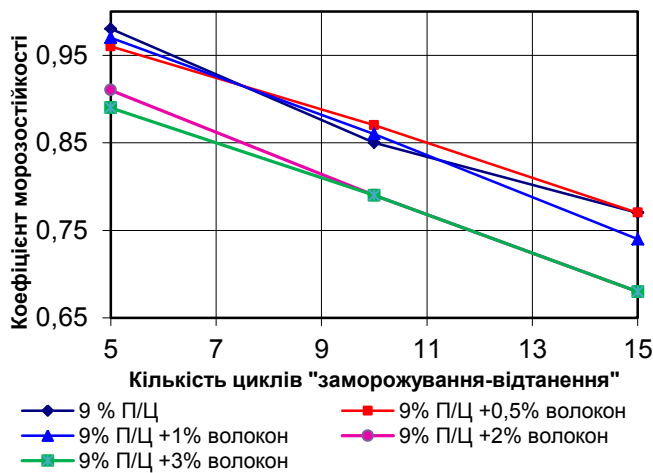


Рисунок Б.53 – Залежність коефіцієнту морозостійкості від кількості циклів «замороження-відтавання» при 9% ПЦ з різною кількістю волокон (пісок)

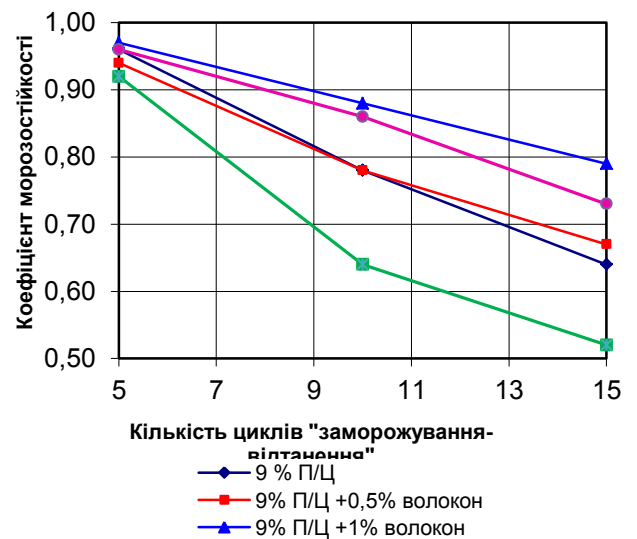


Рисунок Б.54 – Залежність коефіцієнту морозостійкості від кількості циклів «замороження-відтавання» при 9% ПЦ з різною кількістю волокон (супісок)

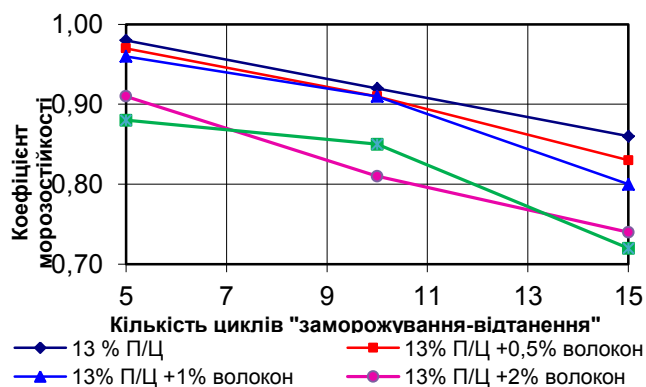


Рисунок Б.55 – Залежність коефіцієнту морозостійкості від кількості циклів «замороження-відтавання» при 13% ПЦ з різною кількістю волокон (пісок)

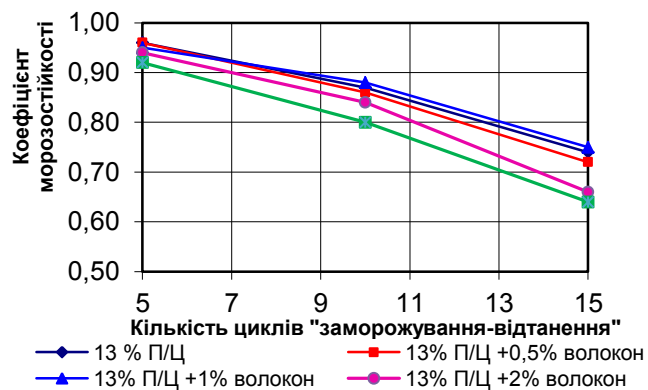


Рисунок Б.56 – Залежність коефіцієнту морозостійкості від кількості циклів «замороження-відтавання» при 13% ПЦ з різною кількістю волокон (супісок)

Дослідження показали, що необхідний коефіцієнт морозостійкості переважно забезпечується для зразків із більшою кількістю в'язучого та при меншій кількості циклів «заморожування-відтавання», особливо це стосується зразків ґрунту укріпленого цементом.

ДОДАТОК В

Приклад розрахунку за удосконаленою методикою оцінки стійкості асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу до утворення колії

В.1 Необхідно запроектувати дорожній одяг з наступними вихідними даними:

- дорога проходить у дорожньо-кліматичній зоні У-І (автомобільна дорога М03 Київ-Харків-Довжанський);
- категорія автомобільної дороги – І;
- строк експлуатації дорожнього одягу – $T_{1cl}=1$ рік;
 $T_{5cl}=5$ років;
 $T_{10cl}=10$ років;
 $T_{11cl}=11$ років;
 $T_{15cl}=15$ років;
- за розрахункове навантаження прийнятий автомобіль групи A_1 з розрахунковими параметрами: $p = 0,8$ МПа, $D = 34,5$ см;
- приведена до навантаження типу A_1 інтенсивність руху на кінець строку служби $N_p = 4900$ один./доб;
- показник зміни інтенсивності руху $q = 1,04$;
- ґрунт робочого шару земляного полотна – суглинок легкий пілуватий з розрахунковою вологістю $0,6 W_T$;
- матеріал для основи – щебенево-піщана суміш С5.

Розрахунок колієстійкості асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу реалізований за допомогою програми MathCAD.

В.2 Попередньо призначають конструкцію та розрахункові значення розрахункових параметрів (таблиця В.2)

Таблиця В.2 – Розрахункові значення

Ч.ч.	Матеріал шару	h шару, см	Розрахунок за					
			пружним прогином, E, МПа	опором зсуву, E, МПа	опором розтягу при згині			
					E, МПа	R _{лаб} , МПа	m	K _{np}
1	Щебенево-мастиковий асфальтобетон на бітумі модифікованому полімером	5	5000	2700	5500	11,2	5,5	4,0
2	Асфальтобетон щільний на бітумі БНД-60/90 (Б-20)	8	3200	1800	4500	9,8	5,5	4,0
3	Асфальтобетон пористий на бітумі БНД-60/90 (Б-40)	8	2000	1200	2800	8,0	4,3	8,2
4	МФО	15	550	550	550	—	—	—
5	Щебенево-піщана суміш	18	190	190	190	—	—	—
6	Суглинок легкий пілуватий з $W_p = 0,6 W_T$	—	44	44	44	—	—	—

В.3 Визначення середнього модуля пружності конструкції дорожнього одягу

Визначення загальної товщини конструкції дорожнього одягу, H:

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 = 54, \text{ см}$$

Визначення середнього модуля пружності конструкції дорожнього одягу

$$E_{cp} = \frac{E_1 \cdot h_1 + E_2 \cdot h_2 + E_3 \cdot h_3 + E_4 \cdot h_4 + E_5 \cdot h_5}{H} = 910,556, \text{ МПа}$$

В.4 Визначають сумарну кількість прикладень навантаження за строк служби

В.4.1 Сумарна кількість проїздів розрахункового навантаження за термін служби дорожнього одягу визначається за формулою:

$$\sum N_p = 0,7 \cdot N_p \frac{K_c}{q^{(T_{cl}-1)}} T_{pdp} \cdot K_n$$

де n – кількість марок автомобілів;

N_{1m} – середньодобова інтенсивність руху в обох напрямках автомобілів i -ї марки в перший рік служби, один./д;

T_{pdp} – кількість розрахункових діб за рік, відповідно до стану деформативності конструкції, за таблицею 3.3 ВБН В.2.3-218-186, та становить $T_{pdp}=145$ днів;

K_n – коефіцієнт, що враховує ймовірність відхилення сумарного руху від середнього, що очікується, за таблицею 3.4 ВБН В.2.3-218-186, та становить $K_n=1,49$;

K_c – коефіцієнт суми, що визначається за таблицею 3.6 ВБН В.2.3-218-186, та становить:

- для 1 року – $K_{c1}=9,2$;
- для 5 року – $K_{c5}=9,2$;
- для 10 року – $K_{c11}=13,6$;
- для 15 року – $K_{c15}=20,0$;

T_{cl} – розрахунковий строк служби (приймається відповідно до ВБН Г.1-218-050);

q – показник змін інтенсивності руху даного типу автомобіля за роками; встановлюється за результатами техніко-економічних вишукувань або за іншими даними (може змінюватися від 0,80 до 1,10).

Сумарна кількість проїздів розрахункового навантаження за термін

служби дорожнього одягу 5 років:

$$N_5 = 0,7 \cdot N_p \frac{K_c}{q^{(T_{cl}-1)}} T_{pdp} \cdot K_n = 5,828 \cdot 10^6, \text{ одиниць/термін служби}$$

Сумарна кількість проїздів розрахункового навантаження за термін служби дорожнього одягу 10 років:

$$N_{10} = 0,7 \cdot N_p \frac{K_c}{q^{(T_{cl}-1)}} T_{pdp} \cdot K_n = 6,248 \cdot 10^6, \text{ одиниць/термін служби}$$

Сумарна кількість проїздів розрахункового навантаження за термін служби дорожнього одягу 11 років:

$$N_{11} = 0,7 \cdot N_p \frac{K_c}{q^{(T_{cl}-1)}} T_{pdp} \cdot K_n = 6,809 \cdot 10^6, \text{ одиниць/термін служби}$$

Сумарна кількість проїздів розрахункового навантаження за термін служби дорожнього одягу 15 років:

$$N_{15} = 0,7 \cdot N_p \frac{K_c}{q^{(T_{cl}-1)}} T_{pdp} \cdot K_n = 8,559 \cdot 10^6, \text{ одиниць/термін служби}$$

В.4.2 Визначення середньої інтенсивності за місяць

Визначення середньої інтенсивності, n , при 5 роках експлуатації:

$$n_5 = \frac{N_5}{(T_{cl5} \cdot 12)} = 9,713 \cdot 10^4, \text{ одиниць/доба}$$

Визначення середньої інтенсивності, n , при 10 роках експлуатації:

$$n_{10} = \frac{N_{10}}{(T_{cr10} \cdot 12)} = 9,713 \cdot 10^4, \text{ одиниць/доба}$$

Визначення середньої інтенсивності, n , при 11 роках експлуатації:

$$n_{11} = \frac{N_{11}}{(T_{cr11} \cdot 12)} = 5,158 \cdot 10^4, \text{ одиниць/доба}$$

Визначення середньої інтенсивності, n , при 15 роках експлуатації:

$$n_{15} = \frac{N_{15}}{(T_{cr15} \cdot 12)} = 4,755 \cdot 10^4, \text{ одиниць/доба}$$

В.5 Визначення залишкових деформацій в асфальтобетонному покритті

В.5.1 Визначення залишкових деформацій в ЩМА

Параметри функції релаксації: $p = 0.0165$; $t_{0.1} = 0.1$ с; $t_0 = 0$ с; $Q = 20$ °С;
 $E_{дг} = 33$ МПа; $E_{мт} = 24790$ МПа; $\eta = 1.54 \cdot 10^{-5}$; $\lambda = 0.31$.

$$R_{ЩМА0.1} = E_{\partial z} + (E_{мт} - E_{\partial z}) \cdot \left[1 + \frac{t_{0.1} \cdot e^{p(T_1 - Q)}}{\eta} \right]^{-\lambda} = 4,749 \cdot 10^3, \text{ МПа}$$

$$E_{д0.1} = 4,190 \cdot 10^3, \text{ МПа}$$

В.5.2 Визначення залишкових деформацій в асфальтобетоні Б-20

Параметри функції релаксації: $p = 0.22$; $t_{0.1} = 0.1$ с; $t_0 = 0$ с; $Q = 20$ °С;
 $E_{дг} = 54$ МПа; $E_{мт} = 31520$ МПа; $\eta = 1.43 \cdot 10^{-5}$; $\lambda = 0.286$.

$$R_{B-200,1} = E_{\partial z} + (E_{mm} - E_{\partial z}) \cdot \left[1 + \frac{t_{0,1} \cdot e^{p(T_1-Q)}}{\eta} \right]^{-\lambda} = 5,620 \cdot 10^3, \text{ МПа}$$

$$E_{\partial 0,1} = 4,730 \cdot 10^3, \text{ МПа}$$

В.5.3 Визначення залишкових деформацій в асфальтобетоні Б-40

Параметри функції релаксації: $p = 0.20$; $t_{0,1} = 0.1$ с; $t_0 = 0$ с; $Q = 20$ °C;
 $E_{дг} = 42$ МПа; $E_{мт} = 30000$ МПа; $\eta = 1.38 \cdot 10^{-5}$; $\lambda = 0.31$.

$$R_{B-200,1} = E_{\partial z} + (E_{mm} - E_{\partial z}) \cdot \left[1 + \frac{t_{0,1} \cdot e^{p(T_1-Q)}}{\eta} \right]^{-\lambda} = 3,582 \cdot 10^3, \text{ МПа}$$

$$E_{\partial 0,1} = 3,000 \cdot 10^3, \text{ МПа}$$

В.5.4 Визначення залишкових деформацій в асфальтобетонному покритті

Залишкові деформації на 5-ий рік експлуатації

В шарі з щебенево-мастикового асфальтобетону (ЩМА-20):

$$\omega_{\text{ЩМА-20}_5} = T_{cl5} \cdot \sum_1^i \frac{p \cdot (1 - \mu^2) \cdot h_1 \cdot \lg n}{\bar{E}_{n\text{ЩМА-20}} \cdot N_5} \cdot \left[1 + g \cdot \left(e^{\frac{D_d}{V \cdot t_p}} - 1 \right)^k \right]^\gamma \cdot W = 4,494 \cdot 10^{-3}, \text{ мм}$$

В шарі з асфальтобетону типу Б-20:

$$\omega_{\text{Б-20}_5} = T_{cl5} \cdot \sum_1^i \frac{p \cdot (1 - \mu^2) \cdot h_2 \cdot \lg n}{\bar{E}_{n\text{Б-20}} \cdot N_5} \cdot \left[1 + g \cdot \left(e^{\frac{D_d}{V \cdot t_p}} - 1 \right)^k \right]^\gamma \cdot W = 4,777 \cdot 10^{-3}, \text{ мм}$$

В шарі з асфальтобетону типу Б-40:

$$\omega_{Б-40_5} = T_{cл5} \cdot \sum_{i=1}^i \frac{p \cdot (1 - \mu^2) \cdot h_3 \cdot \lg n}{\bar{E}_{нБ-40} \cdot N_5} \cdot \left[1 + \vartheta \cdot \left(e^{\frac{D_d}{V \cdot t_p}} - 1 \right)^k \right]^{\gamma} \cdot W = 5,955 \cdot 10^{-3}, \text{ мм}$$

Загальна величина залишкових деформацій в асфальтобетонному покритті на 5-ий рік експлуатації:

$$\omega_{a/б_5} = \omega_{ЩМА-20_5} + \omega_{Б-20_5} + \omega_{Б-40_5} = 0,015, \text{ мм}$$

Загальна величина залишкових деформацій в асфальтобетонному покритті на 10-ий рік експлуатації:

$$\omega_{a/б_{10}} = \omega_{ЩМА-20_{10}} + \omega_{Б-20_{10}} + \omega_{Б-40_{10}} = 0,029, \text{ мм}$$

Загальна величина залишкових деформацій в асфальтобетонному покритті на 11-ий рік експлуатації:

$$\omega_{a/б_{11}} = \omega_{ЩМА-20_{11}} + \omega_{Б-20_{11}} + \omega_{Б-40_{11}} = 0,031, \text{ мм}$$

Загальна величина залишкових деформацій в асфальтобетонному покритті на 15-ий рік експлуатації:

$$\omega_{a/б_{15}} = \omega_{ЩМА-20_{15}} + \omega_{Б-20_{15}} + \omega_{Б-40_{15}} = 0,042, \text{ мм}$$

В.6 Визначення залишкових деформацій в ґрунті земляного полотна

Параметри функції релаксації – суглинок $W_T=0,6$; $\varphi = 24$; $t_{0.1} = 0.1$ с; $t_0 = 0$ с; $Q = 115$; $E_{дг0,6} = 49$ МПа; $E_{мт0,6} = 70$ МПа; $b_r = 5,8$ $\chi_r = 2$; $B=0,01$.

Розрахункове значення α визначається:

$$\alpha_{0.6} = \exp \left[- \left(1 - \frac{E_{\partial z 0.6}}{E_{мт 0.6}} \epsilon_z \chi_z \right) \right] = 0,031$$

Розрахункове значення функції релаксації:

$$R_{zp.0.6} = E_{мт.0.6} \left(1 + \frac{E_{мт.0.6}}{E_{\partial z 0.6} \cdot \epsilon_z \chi_z} \ln \frac{1 + \epsilon_z \chi_z}{1 + \alpha_{0.6} \epsilon_z \chi_z} \right)^{-1} = 68,513, \text{ МПа}$$

Аактивні дотичні напруження зсуву в ґрунті земляного полотна:

$$\tau = 0.218 \frac{Q \cdot p \cdot (1 - \sin(\varphi))}{H \cdot \left(\frac{E_{cp}}{E_{\partial 3/\Pi}} \right)^{0.5} \cdot \cos(\varphi)} = 0,014, \text{ МПа}$$

Залишкова деформація в ґрунті земляного полотна на 5-ий рік експлуатації:

$$\omega_{3/n5} = \exp^{(15\tau+1,38B-3,0) \cdot (N_5 \cdot t)^{0.3}} = 3,357, \text{ мм}$$

Залишкова деформація в ґрунті земляного полотна на 10-ий рік експлуатації:

$$\omega_{3/n10} = \exp^{(15\tau+1,38B-3,0) \cdot (N_{10} \cdot t)^{0.3}} = 3,428, \text{ мм}$$

Залишкова деформація в ґрунті земляного полотна на 11-ий рік експлуатації:

$$\omega_{3/n11} = \exp^{(15\tau+1,38B-3,0) \cdot (N_{11} \cdot t)^{0.3}} = 3,518, \text{ мм}$$

Залишкова деформація в ґрунті земляного полотна на 15-ий рік експлуатації:

$$\omega_{3/n15} = \exp^{(15\tau+1,38B-3,0) \cdot (N_{15} \cdot t)^{0.3}} = 3,768, \text{ мм}$$

В.7 Визначення залишкових деформацій в шарах з дискретних матеріалів

Параметри функції релаксації – ЩПС: $h_5 = 0.18 \text{ м}$; $t_{0.1} = 0.1 \text{ с}$; $t_0 = 0 \text{ с}$;
 $E_{дгЩПС} = 220 \text{ МПа}$; $E_{мтЩПС} = 245 \text{ МПа}$; $b_{ЩПС} = 6$; $\chi_{ЩПС} = 3,75$.

Розрахункове значення α визначається:

$$\alpha_{ЩПС} = \exp \left[- \left(1 - \frac{E_{\partial 2ЩПС}}{E_{мтЩПС}} \epsilon_{ЩПС} \chi_{ЩПС} \right) \right] = 0,101$$

Розрахункове значення функції релаксації:

$$R_{\text{ЩПС}} = E_{\text{мт.ЩПС}} \left(1 + \frac{E_{\text{мт.ЩПС}}}{E_{\partial \geq \text{ЩПС}} \cdot \epsilon_{\text{ЩПС}} \chi_{\text{ЩПС}}} \ln \frac{1 + \epsilon_{\text{ЩПС}} \chi_{\text{ЩПС}}}{1 + \alpha_{\text{ЩПС}} \epsilon_{\text{ЩПС}} \chi_{\text{ЩПС}}} \right)^{-1} = 241,635, \text{ МПа}$$

Процес накопичення залишкових деформацій в шарах основи з дискретних матеріалів на 5- тий рік експлуатації:

$$\omega_{\text{ш/д}5} = \omega_{\text{з/п}5} \cdot \left[\frac{E_{\partial \text{ш/д} \text{ЩПС}} \cdot k_{\text{ш/д}}}{E_{\partial \text{з/п}} \cdot k_{\text{з/п}}} \right]^{(0,657 \ln(h_{\text{ш/д}}) - 0,296)} = 0,559, \text{ мм}$$

Процес накопичення залишкових деформацій в шарах основи з дискретних матеріалів на 10 -тий рік експлуатації:

$$\omega_{\text{ш/д}10} = \omega_{\text{з/п}10} \cdot \left[\frac{E_{\partial \text{ш/д} \text{ЩПС}} \cdot k_{\text{ш/д}}}{E_{\partial \text{з/п}} \cdot k_{\text{з/п}}} \right]^{(0,657 \ln(h_{\text{ш/д}}) - 0,296)} = 0,571, \text{ мм}$$

Процес накопичення залишкових деформацій в шарах основи з дискретних матеріалів на 11- тий рік експлуатації:

$$\omega_{\text{ш/д}11} = \omega_{\text{з/п}11} \cdot \left[\frac{E_{\partial \text{ш/д} \text{ЩПС}} \cdot k_{\text{ш/д}}}{E_{\partial \text{з/п}} \cdot k_{\text{з/п}}} \right]^{(0,657 \ln(h_{\text{ш/д}}) - 0,296)} = 0,586, \text{ мм}$$

Процес накопичення залишкових деформацій в шарах основи з дискретних матеріалів на 15- тий рік експлуатації:

$$\omega_{\text{ш/д}15} = \omega_{\text{з/п}15} \cdot \left[\frac{E_{\partial \text{ш/д} \text{ЩПС}} \cdot k_{\text{ш/д}}}{E_{\partial \text{з/п}} \cdot k_{\text{з/п}}} \right]^{(0,657 \ln(h_{\text{ш/д}}) - 0,296)} = 0,627, \text{ мм}$$

В.8 Визначення залишкових деформацій в шарах з МФУ

Параметри функції релаксації – МФУ: $h_5 = 0.15$ м; $t_{0.1} = 0.1$ с; $t_0 = 0$ с;
 $E_{\text{дгМФУ}} = 920$ МПа; $E_{\text{мтМФУ}} = 980$ МПа; $b_{\text{ЩПС}} = 6$; $\chi_{\text{ЩПС}} = 3,75$.

Розрахункове значення α визначається:

$$\alpha_{\text{МФУ}} = \exp \left[- \left(1 - \frac{E_{\partial \geq \text{МФУ}}}{E_{\text{мтМФУ}}} \epsilon_{\text{МФУ}} \chi_{\text{МФУ}} \right) \right] = 0,252$$

Розрахункове значення функції релаксації:

$$R_{M\Phi Y} = E_{\text{мт.МФУ}} \left(1 + \frac{E_{\text{мт.МФУ}}}{E_{\partial 2 M\Phi Y} \cdot \epsilon_{M\Phi Y} \chi_{M\Phi Y}} \ln \frac{1 + \epsilon_{M\Phi Y} \chi_{M\Phi Y}}{1 + \alpha_{M\Phi Y} \epsilon_{M\Phi Y} \chi_{M\Phi Y}} \right)^{-1} = 969,531, \text{ МПа}$$

Процес накопичення залишкових деформацій в укріплених шарах основи на 5- тий рік експлуатації:

$$\omega_{\text{ш/укр}5} = \omega_{\text{ш/д.5}} \cdot \left[\frac{E_{\partial \text{ш/укр}} \cdot k_{\text{ш/укр}}}{E_{\partial \text{ш/д}} \cdot k_{\text{ш/д}}} \right]^{(0,894 \ln(h_{\text{ш/укр}}) + 0,732)} = 0,146, \text{ мм}$$

Процес накопичення залишкових деформацій в укріплених шарах основи на 10- тий рік експлуатації:

$$\omega_{\text{ш/укр}10} = \omega_{\text{ш/д.10}} \cdot \left[\frac{E_{\partial \text{ш/укр}} \cdot k_{\text{ш/укр}}}{E_{\partial \text{ш/д}} \cdot k_{\text{ш/д}}} \right]^{(0,894 \ln(h_{\text{ш/укр}}) + 0,732)} = 0,15, \text{ мм}$$

Процес накопичення залишкових деформацій в укріплених шарах основи на 11- тий рік експлуатації:

$$\omega_{\text{ш/укр}11} = \omega_{\text{ш/д.11}} \cdot \left[\frac{E_{\partial \text{ш/укр}} \cdot k_{\text{ш/укр}}}{E_{\partial \text{ш/д}} \cdot k_{\text{ш/д}}} \right]^{(0,894 \ln(h_{\text{ш/укр}}) + 0,732)} = 0,153, \text{ мм}$$

Процес накопичення залишкових деформацій в укріплених шарах основи на 15- тий рік експлуатації:

$$\omega_{\text{ш/укр}15} = \omega_{\text{ш/д.15}} \cdot \left[\frac{E_{\partial \text{ш/укр}} \cdot k_{\text{ш/укр}}}{E_{\partial \text{ш/д}} \cdot k_{\text{ш/д}}} \right]^{(0,894 \ln(h_{\text{ш/укр}}) + 0,732)} = 0,164, \text{ мм}$$

В.9 Визначення величини випорів

Величина випорів на на 5- тий рік експлуатації:

$$\omega_{e5} = \frac{\omega_{a/5} - \omega_{\tau 5} + \omega_{\text{ш/д}5} + \omega_{\text{ш/укр}5} + \omega_{3/n5}}{2} = -2,024, \text{ мм}$$

Величина випорів на на 10- тий рік експлуатації:

$$\omega_{e10} = \frac{\omega_{a/10} - \omega_{\tau 10} + \omega_{\text{ш/д}10} + \omega_{\text{ш/укр}10} + \omega_{3/n10}}{2} = -2,06, \text{ мм}$$

Величина випорів на на 11- тий рік експлуатації:

$$\omega_{\epsilon 11} = \frac{\omega_{a/611} - \omega_{\tau 11} + \omega_{w/\partial 11} + \omega_{w/ykp 11} + \omega_{z/n11}}{2} = -2,113, \text{ мм}$$

Величина випорів на на 15- тий рік експлуатації:

$$\omega_{\epsilon 15} = \frac{\omega_{a/615} - \omega_{\tau 15} + \omega_{w/\partial 15} + \omega_{w/ykp 15} + \omega_{z/n15}}{2} = -2,264, \text{ мм}$$

Отримане від'ємне значення висоти випорів свідчить про їх відсутність.

В.10 Визначення величини зносу покриття

Становить: $\omega_{\tau 5} = 2,0$ мм; $\omega_{\tau 10} = 4,5$ мм; $\omega_{\tau 11} = 5,5$ мм; $\omega_{\tau 15} = 8,0$ мм.

В.11 Оцінки стійкості покриття нежорсткого дорожнього одягу до утворення колії

Загальна величина колії на 5- тий рік експлуатації:

$$h_{\text{заг}5} = \omega_{a/65} + \omega_{w/ykp 5} + \omega_{w/\partial 5} + \omega_{z/n5} + \omega_{\epsilon 5} + \omega_{\tau 5} = 8,078, \text{ мм}$$

Загальна величина колії на 10- тий рік експлуатації:

$$h_{\text{заг}10} = \omega_{a/610} + \omega_{w/ykp 10} + \omega_{w/\partial 10} + \omega_{z/n10} + \omega_{\epsilon 10} + \omega_{\tau 10} = 10,677, \text{ мм}$$

Загальна величина колії на 11- тий рік експлуатації:

$$h_{\text{заг}11} = \omega_{a/611} + \omega_{w/ykp 11} + \omega_{w/\partial 11} + \omega_{z/n11} + \omega_{\epsilon 11} + \omega_{\tau 11} = 11,788, \text{ мм}$$

Загальна величина колії на 15- тий рік експлуатації:

$$h_{\text{заг}15} = \omega_{a/615} + \omega_{w/ykp 15} + \omega_{w/\partial 15} + \omega_{z/n15} + \omega_{\epsilon 15} + \omega_{\tau 15} = 14,59, \text{ мм}$$

ДОДАТОК Г

Методичні вказівки для приготування ґрунтових, ґрунтово-піщаних, щебенево-піщаних та щебених сумішей, оброблених мінеральним, органічним або комплексним в'язучим, визначеного розрахунками складу для наукових досліджень

Г.1 Вимоги до вихідних матеріалів

Г.1.1 Вимоги до кам'яних матеріалів

Для приготування щебенево-піщаних (ЩПС) чи ґрунтово-піщаних сумішей (ГПС), оброблених в'язучим матеріалом, використовують піски природні, із відходів промисловості і штучні, щебінь із природного каменю, щебінь із шлаку, щебінь із відходів промисловості, матеріали з маломіцних вапняків або жорстви вивержених гірських порід, що задовольняють відповідним вимогам [40, 125, 153].

Придатність кам'яних матеріалів, що не відповідають вимогам зазначених стандартів, визначають за результатами їх випробування після укріплення в'язучим матеріалом. Такі матеріали допускається використовувати лише у випадках, якщо вони після укріплення їх в'язучим будуть задовольняти вимогам [153].

Г.1.2 Вимоги до ґрунтів

Для приготування ГПС, оброблених в'язучим матеріалом, використовують усі види природних дисперсних ґрунтів: великоуламкові ґрунти, піски, супіски (піщані та пилуваті), суглинки (легкі піщанисті, легкі пилуваті, важкі піщанисті, важкі пилуваті), глини (легкі піщанисті, легкі пилуваті, важкі) з відносною деформацією здирання до 0,07.

Гумусові горизонти чорноземів, дерново-підзолистих і напівболотних ґрунтів укріплювати цементом не дозволяється.

Безгумусні горизонти ґрунтів, що мають кислу реакцію (рН менше ніж 4), допускаються для укріплення цементом після попередньої нейтралізації їх добавками вапна, каустичної соди або інших лужних сполук.

При визначенні придатності ґрунтів для укріплення в'язучим необхідно враховувати вимоги [153].

Ґрунти, що укріплюють цементом, повинні мати оптимальну вологість, яка забезпечує максимальну щільність укріпленого матеріалу згідно з [153].

Г.1.3 Вимоги до неорганічних в'язучих

Для укріплення кам'яних матеріалів, промислових відходів і ґрунтів використовують портландцемент і шлакопортландцемент [125, 153]. Також дозволяється застосовувати цементи та сульфатостійки цементи.

Тужавіння цементу повинно починатися не раніше ніж через 2 години після його замішування з водою. У випадку тужавіння цементу раніше ніж за 2 години в суміш необхідно вводити сповільнюючі добавки.

З метою підвищення механічної міцності укріплених матеріалів і зменшення витрат цементу доцільно використовувати тонкомолоті, в тому числі пластифіковані і гідрофобні цементи, при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні.

Для влаштування покриттів з матеріалів укріплених цементом, належить використовувати цемент марки не нижче 400, а для влаштування основ – цементи марки не нижче ніж 300.

Для влаштування додаткового шару основи дозволяється використовувати цементи марки не нижче ніж 200.

Г.1.4 Вимоги до органічних в'язучих

Для укріплення природних і штучних ґрунтів необхідно використовувати органічні в'язучі матеріали [125, 153]:

- емульсії дорожні бітумні;
- бітуми нафтові дорожні рідкі;

– бітуми нафтові дорожні в'язкі.

Дозволяється використовувати емульсії бітумні катіонні марок ЕК-Ш, ЕК-С.

Дозволяється використовувати бітуми нафтові дорожні рідкі марок 40/70 і 70/130 (марок: СГ та МГ).

Дозволяється використовувати бітуми нафтові дорожні у спіненому стані для приготування ґрунту, укріпленого в'язким матеріалом.

Г.1.5 Добавки

Для покращення зернового складу ґрунтів, що підлягають укріпленню, необхідно застосовувати щебінь з природного каменю, щебінь з гравію, гравій, щебенево-піщані суміші [125, 153]. Дозволяється використовувати щебінь, пісок та щебенево-піщані суміші з доменних та сталеплавильних шлаків.

Для покращення властивостей ґрунтів, що підлягають укріпленню, слід застосовувати активні гранульовані.

При влаштуванні шарів дорожніх одягів з ґрунтів, укріплених в'язкими матеріалами, використовують другорядні продукти виробництва:

- золошлакові суміші теплових електростанцій;
- шлаки гранульовані електро-термофосфорні;
- дисперсні металургійні шлаки (електросталеплавильні, ферохромові та відвальні доменні);
- горілі породи вугільних шахт;
- піски з відпрацьованих формувальних сумішей ливарного виробництва.

Для оптимізації структуроутворення ґрунтів, що укріплюють цементом, потрібно використовувати стабілізатори ґрунтових мас.

Для забезпечення вимог до фізико-механічних властивостей ґрунтів, що укріплюють в'язкими, потрібно застосовувати поверхнево-активні добавки.

Г.1.6 Вода

Вода для приготування ґрунтових, ґрунтово-піщаних, щебенево-піщаних та щебених сумішей, оброблених мінеральним, органічним, або комплексним в'язучим [179]. Водневий показник рН повинен бути не менше ніж 4. Не допускається для приготування ґрунту, укріпленого в'язучим матеріалом, використовувати болотні та стічні води.

Г 2 Проектування складів сумішей

Для визначення зернового складу суміші необхідно визначити зернові склади її компонентів і підібрати їх співвідношення так, щоб загальний зерновий склад суміші відповідав вимогам, наведеним у таблиці 1 [153].

При проектуванні складу ґрунтових, ґрунтово-піщаних, щебенево-піщаних та щебених сумішей, оброблених мінеральним, органічним, або комплексним в'язучим матеріалом, необхідно прагнути одержати суміш оптимального зернового складу з максимальною щільністю та міцністю, при мінімальній витраті в'язучого матеріалу.

При проектуванні складів сумішей з заданими параметрами потрібно:

- підібрати зерновий склад суміші, який забезпечує максимальну щільність укріплених матеріалів;
- визначити оптимальну кількість води у суміші з заданою кількістю в'язучого для отримання максимальної щільності суміші;
- визначити необхідність введення добавки мінерального матеріалу у вихідні матеріали та його кількість.

При визначенні вмісту води враховують кількість води, що містить суміш. Якщо суміш перезволожена необхідно виконати її осушення механічним способом або за допомогою вапна.

Орієнтовний вміст води слід приймати згідно з [153] в залежності від максимального розміру зерен мінеральної частини суміші.

Кількість води для зволоження при приготуванні суміші визначають за формулою:

$$P_{\text{в}} = \frac{P}{1 + \frac{W}{100}} \cdot \left(\frac{W_{\text{і}}}{100} - \frac{W}{100} \right), \quad (\text{Г.1})$$

де $P_{\text{в}}$ – кількість води, яку необхідно додати в суміш, л;

P – маса ґрунту, що підлягає зволоженню, кг;

$W_{\text{і}}$ – оптимальна вологість суміші, % за масою;

W – природна вологість ґрунту, % за масою.

Орієнтовну кількість цементу, залежно від марки матеріалу з кам'яних матеріалів, промислових відходів і ґрунтів, укріплених цементом, слід призначати згідно з [153]. За результатами випробування визначають склад суміші, який забезпечує необхідні характеристики при мінімальних витратах в'язучого матеріалу. Для визначення остаточного складу суміші здійснюють пробні заміси за результатами яких у склад суміші вносять зміни. При цьому корегують витрати в'язучого матеріалу.

Розрахункові характеристики матеріалу з ґрунтових, ґрунтово-піщаних, щебенево-піщаних та щебених сумішей, оброблених мінеральним, органічним, або комплексним в'язучим, визначають згідно з ВБН В.2.3-218-186, ДБН В.2.3-4 [39, 40].

Г.3 Методика приготування різних сумішей з використанням лабораторного лопатевого змішувача

Приготування ґрунтових, ґрунтово-піщаних, щебенево-піщаних та щебених сумішей, оброблених мінеральним, органічним, або комплексним в'язучим складається з наступних операцій: відмірювання матеріалів

(дозування); завантаження їх у змішувач, перемішування компонентів; вивантаження готової суміші; контроль якості перемішування. Суміші, що вміщують фракції розміром більше ніж 40 мм, до подачі у змішувач повинні бути просіяні через грохот із розміром вічок 40 мм.

Хімічні добавки вводять з водою. Органічні в'язучі матеріали слід вводити після зволоження компонентів суміші.

Матеріали для приготування одного замісу відмірюють по вазі або за об'ємом спеціальною мірною тарою. Кількість матеріалів на один заміс визначається на підставі заданого складу і ємності змішувача.

Цемент завжди відміряється за вагою.

Процес приготування укріпленого матеріалу складається з операцій дозування компонентів і їх змішування. Найважливішою умовою приготування укріпленого матеріалу із заданими показниками властивостей, а також забезпечення сталості цих показників від замісу до замісу, є точність дозування складових матеріалів у відповідності з робочим складом.

Якість перемішування досягається при такій послідовності подачі компонентів: спочатку перемішують більш крупний заповнювач (щебінь, щебенево-піщану суміш) з частиною води і після попереднього їх перемішування подають в'язуче (цемент), а після цього додають воду, яка залишилася і дрібний заповнювач (грунт, ґрунтово-піщану суміш).

При приготуванні ґрунтових, ґрунтово-піщаних, щебенево-піщаних та щебених сумішей, оброблених мінеральним в'язучим матеріалом, в корпус змішувача завантажують всі сухі складові і перемішують протягом 3...5 хв. Після цього в суміш заливають воду і перемішування продовжують ще не менше 5 хв. Якщо тривалість перемішування буде зменшена на 10% і більше, міцність вихідного матеріалу помітно знизиться. Тривалість перемішування більша оптимальної лише незначно підвищує міцність, проте при цьому знижується продуктивність машин.

Для отримання доброякісної суміші при використанні кам'яних матеріалів дрібніших фракцій час перемішування необхідно збільшувати на 20 – 30 %.

Суміш матеріалів, укріплених двома в'язучими (бітумною емульсією і цементом, або спіненим бітумом і цементом) готують наступним чином. Повітряно суху суміш змішують з гранулометричною добавкою і цементом, зволожують. Вміст води повинен відповідати оптимальній вологості суміші по ущільненню з врахуванням води, що є в бітумній емульсії. В суміш додають бітумну емульсію або спінений бітум і змішують їх з сумішшю до отримання однорідної по кольору маси в лабораторному змішувачі без підігріву.

При використанні бітумної емульсії разом із цементом установлену кількість води необхідно зменшити на її кількість, що вміщує бітумна емульсія, а при використанні спіненого бітуму – на кількість спіненого бітуму в суміші.

Г.4 Методи контролювання

Важливим елементом процесу приготування ґрунтових, ґрунтово-піщаних, щебенево-піщаних та щебених сумішей, оброблених мінеральним, органічним, або комплексним в'язучим матеріалом, є контроль якості вихідних матеріалів і готової суміші. Розрізняють три ступені контролю якості: контроль якості вихідних матеріалів (вхідний контроль), контроль виконання операцій технологічного процесу (операційний контроль) і контроль якості готової продукції [40, 153].

Г 4.1 Вхідний контроль

Всі матеріали: ґрунти, кам'яні матеріали (щебінь, гравій, жорства, пісок, відсів), шлаки та супутні продукти виробництва, цемент, вода, поверхнево-активні речовини, стабілізатори ґрунтових мас, що

використовують для виготовлення суміші необхідно перевіряти на відповідність вимогам чинних нормативних документів [40, 153].

Необхідно виконувати перевірку показників цементу: нормальної густини; термінів тужавлення; активності. Перевірку відповідності фізико-механічних показників щебеню, гравію, жорстви, супутніх продуктів виробництва. Контроль якості води для виготовлення суміші з матеріалів, укріплених в'язучим матеріалом.

Г 4.2 Операційний контроль

Операційний контроль потрібно здійснювати, керуючись послідовністю процесу її приготування і за зовнішніми ознаками [40, 153].

Контроль технологічного процесу зводиться до перевірки ступеня точності дозування компонентів, ступеня заповнення корпусу змішувача, тривалості перемішування, швидкості обертання змішувального пристрою, додержання визначеного температурного режиму змішування Цей контроль здійснюють відповідно до паспортних даних змішувача і технічних вказівок.

Якщо при проведенні контролю буде виявлено, що суміш недостатньо перемішана, необхідно виконати додаткове перемішування суміші.

Границя міцності на стик визначається згідно з [153]. Для цього готують три пробних зразки суміші визначеного складу. Ущільнення зразків здійснюють відповідно до вимог [153]. Якщо при перевірці буде виявлено, що суміш недостатньо перемішана, влаштування шару з неї не дозволяється. Необхідно виконати додаткове перемішування компонентів суміші.

Г 4.3 Приймальний контроль

Особлива увага приділяється контролю якості готової продукції [40, 153]. Якість готової суміші контролюється за відповідними нормативними документами. Якісно приготована суміш повинна являти собою однорідну масу, що контролюється візуально.

ДОДАТОК Д

Методика розрахунку в літній період на стійкість до зсуву ґрунту земляного полотна, зернистих та слабозв'язаних матеріалів конструкцій дорожнього одягу нежорсткого типу для підвищення стійкості асфальтобетонного покриття до утворення колії

Суть методу полягає у розрахунку земляного полотна за умовою зсувостійкості згідно з [39] для підвищення стійкості асфальтобетонного покриття до утворення колії. Дорожній одяг проектується із розрахунку, щоб під дією короточасних чи довгострокових навантажень в підстилаючому ґрунті та малозв'язних шарах за строк служби не виникали неприпустимі залишкові деформації. Деформації зсуву в конструкції не будуть накопичуватись, якщо забезпечена умова:

$$K_{мц} = \frac{T_{сп}}{T}, \quad (Д.1)$$

де $K_{мц}$ – необхідне мінімальне значення міцності, що визначається з урахуванням заданого коефіцієнта надійності згідно з ВБН Б В.2.3-218-186 (таблиця 3.1) [39];

T – розрахункове активне напруження зсуву (частина зсувного напруження, непогашена внутрішнім тертям) в розрахунковій (найбільш небезпечній) точці конструкції від діючого тимчасового навантаження;

$T_{сп}$ – гранична величина активного напруження зсуву (в тій самій частині), перевищення якої викликає порушення міцності на зсув).

При практичних розрахунках багат шарову дорожню конструкцію приводять до двошарової розрахункової моделі.

При розрахунку дорожньої конструкції на міцність щодо зсувостійкості ґрунту земляного полотна за нижній шар приймають ґрунт (з його

характеристиками), а за верхній – увесь дорожній одяг згідно з ВБН Б В.2.3-218-186 [39]. Товщину верхнього шару h_v приймають рівною сумі товщини шарів одягу $\left(\sum_{i=1}^n h_i\right)$.

При розрахунку за умови зсувостійкості в піщаному шарі основи за допомогою номограми згідно з ВБН Б В.2.3-218-186 (рисунок 3.4) [39] умовно присвоюють звичайні характеристики піщаного шару (c_n , φ_n), а модуль пружності приймають рівним загальному модулю на поверхні піщаного шару; товщину верхнього шару моделі приймають рівною загальній товщині шарів, що лежать над піщаним, а модуль пружності E_s розраховують як середньозважене значення для цих шарів згідно з ВБН Б В.2.3-218-186 [39].

При розрахунку нижніх шарів дорожніх одягів за умовою зсувостійкості значення модулів пружності матеріалів, що містять органічне в'язуче, визначають за температурами, що вказані в таблиці Д.1.

Таблиця Д.1 – Розрахункова температура для дорожньо-кліматичних районів

Дорожньо-кліматичний район	У-I	У-II; У-IV зах.	У-III	У-IV півд.
Розрахункова температура °С	50	55	60	65

Значення динамічного та статичного модуля пружності асфальтобетонів відповідно до складу, марок бітуму та температури наведено в рекомендаціях [125].

При розрахунку на статичну дію навантаження приймають модулі пружності матеріалів, що відповідають довготривалості дії навантаження не менше за 600 секунд.

Активні напруження зсуву (T_a), що діють в ґрунті чи в піщаному шарі, визначають за формулою:

$$T_a = \bar{\tau}_n \cdot p, \quad (\text{Д.2})$$

де τ_n – питоме активне напруження зсуву від одиничного навантаження, що визначається за допомогою номограм згідно ВБН Б В.2.3-218-186 (рисунок 3.4 та 3.5) [39];

p – розрахунковий питомий тиск від колеса на покриття.

Граничне активне напруження зсуву T_{cp} в ґрунті робочого шару (чи в піщаному матеріалі проміжного шару) визначають за формулою:

$$T_{cp} = c_N k_\partial + 0,1 \gamma_{cp} z_{on} \operatorname{tg}(\varphi_N), \quad (\text{Д.3})$$

де c_N – зчеплення в ґрунті земляного полотна (чи в проміжному піщаному шарі), МПа; для піщаних ґрунтів значення приймається за таблицею А.4 Р В.2.3-218-21476215-795 [125], для супісків, суглинків та глин c_N розраховується за формулою:

$$c_N = c \cdot k_{NC}, \quad (\text{Д.4})$$

де k_∂ – коефіцієнт, що враховує особливості роботи конструкції на межі піщаного шару з нижнім шаром несучої основи. При влаштуванні нижнього шару з укріплених матеріалів, а також при укладанні на межі “основа-піщаний шар” геотекстильного прошарку, потрібно приймати значення k_∂ рівним: 4,5 – при використанні в піщаному шарі крупного піску; 4,0 – при використанні в піщаному шарі піску середньої крупності; 3,0 – при використанні в піщаному шарі дрібного піску; 1,0 – у всіх інших випадках;

z_{on} – глибина розміщення поверхні шару, що перевіряється на зсувостійкість, від верху конструкції, см;

γ_{cp} – середньозважена питома вага конструктивних шарів, розміщених вище за нестійкий шар, кг/см³;

φ – розрахункова величина кута внутрішнього тертя матеріалу шару, що визначається для піщаних ґрунтів згідно ВБН Б В.2.3-218-186 (таблиця

3.9) [39], для супісків, суглинків та глин розраховується за формулою:

$$\varphi_N = \varphi \cdot k_{N\varphi}. \quad (Д.5)$$

У всіх випадках в якості розрахункового значення кута внутрішнього тертя ґрунту і малозв'язних шарів використовують його значення, що відповідає сумарній кількості впливу навантаження за міжремонтний строк $\sum N_p$. Цю величину встановлюють за формулою (Д.5).

Розрахунок дорожнього одягу за критерієм опору зсуву в ґрунті земляного полотна, а також в піщаних матеріалах проміжних шарів дорожнього одягу проводять у такій послідовності:

а) за таблицею А.4 та А.5 Р В.2.3-218-21476215-795 [125] призначають розрахункові модулі пружності для шарів із асфальтобетону, що відповідають максимально можливим температурам в літній період – з урахуванням розрахункової вологості і загального числа впливу навантаження.

б) за номограмами згідно з [39] визначають активні напруження зсуву $\bar{\tau}_n$ від одиничного тимчасового навантаження. Для цього приводять багатошарову конструкцію до двохшарових моделей.

в) визначають розрахункове напруження зсуву в ґрунті земляного полотна чи в піщаному шарі одягу;

г) розраховують граничні напруження зсуву;

д) перевіряють виконання умов міцності (з урахуванням необхідної надійності);

е) при необхідності, змінюючи товщини конструктивних шарів, підбирають конструкцію, що відповідає умовам.

Суть даної методики розроблено за ідеєю професора Б.С. Радовського та реалізовано під керівництвом професора Мозгового В.В. та впроваджено в рекомендаціях Р В.2.3-218-21476215-795 [125].

ДОДАТОК Е

Приклад розрахунку економічної ефективності застосування дисертаційних досліджень

Економічна ефективність влаштування конструкції нежорсткого дорожнього одягу при використанні традиційних матеріалів та нових технологій і матеріалів, визначається розрахунками порівняльної ефективності капітальних вкладень.

Ефективність застосовування асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу з підвищеною стійкістю до утворення колії оцінюється шляхом співставлення конструкції з використання укріплених шарів основи та без укріплення шарів основи.

В якості кількісного вимірювання рівня ефективності капітальних вкладень служить коефіцієнт ефективності E :

$$E = \frac{C_P^I - C_P^{II}}{K_{PP}^{II} - K_{PP}^I} = \frac{1}{T}, \quad (E.1)$$

де K_{PP}^{II} і K_{PP}^I – приведенні до останнього року будівництва одноразові витрати за варіантами відповідно при використанні конструкції з використання укріплених шарів основи та без укріплення шарів основи

C_P^I і C_P^{II} – поточні витрати за тими ж варіантами за один розрахунковий рік експлуатації покриття.

Згідно [185] капітальні вкладення вважаються ефективними, якщо $E > E_H$ ($E_H = 0,12$).

До складу одноразових витрат входять:

– капітальні вкладення, реалізовані до початку експлуатації дороги чи її реконструкції;

– витрати на капітальні ремонти.

При порівнянні варіантів, до складу поточних витрат включають витрати на усі види [7, 185 – 187] ремонту та утримання автомобільної дороги [7, 185 – 187].

Відповідно до п. 2.3.3 [7] колійність проїзної частини та поперечна хвилястість покриття доріг, що знаходяться в експлуатації, недопустима, а у випадку появи зазначених видів деформацій вони підлягають терміновій ліквідації.

Згідно з п. 2.8.3 [7] міжремонтний строк служби одягу (покриття) – період в роках від здачі дороги (об'єкту) в експлуатацію до першого капітального (поточного) ремонту або між суміжними капітальними (поточними) ремонтами.

Визначимо необхідні параметри для підрахунку ефективності будівництва конструкції нежорсткого дорожнього одягу з використанням укріплених шарів основи та без укріплення шарів основи

Норми міжремонтних строків служби дорожніх одягів (поточний середній ремонт) визначаються згідно [7].

Таблиця Е.1 – Нормативи фінансових витрат на капітальний, поточний ремонт та експлуатаційне утримання автомобільних доріг загального користування державного та місцевого значення І категорії

Вид робіт	Нормативи фінансових витрат, тис. грн.	
	дороги державного значення	дороги місцевого значення
Капітальний ремонт	14 520	8 795
Поточний ремонт	81,742	46,867
Експлуатаційне утримання	174,472	75,891

Нормативи фінансових витрат на капітальний, поточний ремонт та експлуатаційне утримання автомобільних доріг загального користування І категорії (державного та місцевого значення), відповідно таблиці Е.1 [7].

Таблиця Е.2 – Зведені фінансові витрати на експлуатаційне утримання одного кілометра мережі автомобільних доріг загального користування державного значення І категорії

Ч.ч	Розділ витрат	Вартість, грн.	Відсоток
1	Земляне полотно	3597,31	2,062
2	Штучні споруди	12858,97	7,370
3	Дорожній одяг	33630,13	19,275
4	Зимове утримання	29008,16	16,626
5	Облаштування та належність	83842,71	48,055
6	Озеленення	5679,85	3,255
7	Супутні роботи	5855,31	3,356
	Всього	174472,44	100,00

Таблиця Е.3 – Розрахункові обсяги робіт, їх періодичність протягом року (або постійні (П)) та вартість робіт з поточного ремонту асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу одного умовного кілометра мережі автомобільних доріг державного значення [7].

№ п/п	Найменування робіт	Одиниця виміру	Періодичність (разів на рік)	Обсяг робіт на рік	Вартість одиниці виміру	Загальна вартість, грн.
1	Підготовка і забивання тріщин та швів	100 м.п.	1	0,2	1 789,1	357,82
2	Холодне фрезерування верхніх шарів покриття для ліквідації колій та деформацій	1000 м ²	1	0,08	10 703,66	856,29
3	Ремонт покриття проїзної частини	100 м ²	1	0,03	11 501,99	345,06
Примітка: вартість одиниці робіт визначена на підставі ресурсного методу ціноутворення. В зазначеній вартості враховані: прямі, загальновиробничі, адміністративні витрати, кошти на зведення та розбирання тимчасових будівель та споруд виробничого та допоміжного призначення, кошторисний прибуток, податок на додану вартість.						

Виходячи з даних, наведених у таблицях Е.2, Е.3, маємо щорічні витрати на поточний ремонт та експлуатаційне утримання асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу одного умовного кілометра доріг державного значення, що становлять: 174 472, 44 грн. з ПДВ.

Для прикладу розрахунку візьмемо будівництво одного кілометра автомобільної дороги М03 Київ – Харків – Довжанський на ділянці Лубни – Полтава, км 323 + 000 - км 329 + 050, Полтавська область, приведеного на 20 травня 2013 року. Характеристика об'єкту наведена в таблиці Е.4

Відповідно проектних розрахунків маємо:

– $K_{пр}^{II}$ – 30 487 294, 50 грн./ум.км (з використанням в шарах основи матеріалу фрезерованого укріпленого (МФУ));

– $K_{пр}^I$ – 30 208 310, 94 грн./ум.км (конструкція дорожнього одягу без використання матеріалу фрезерованого укріпленого (МФУ), із забезпеченням аналогічних критеріїв граничного стану).

Таблиця Е.4 – Капітальні вкладення при будівництві одного кілометра автомобільної дороги М03 Київ – Харків – Довжанський

Категорія дороги	I-б
Загальна довжина ділянки, кілометрів	приведено до 1 км
Ширина земляного полотна, метрів	24,2 – 28,8
Ширина проїзної частини, метрів	2 x 7,5
Транспортні розв'язки у двох рівнях, одиниць	не враховано
Шляхопроводи, одиниць	не враховано
Загальна кошторисна вартість реконструкції в поточних цінах станом на 20 травня 2013 р., тис. гривень у тому числі:	30 487 294,50
– будівельно-монтажних робіт	20 790 862,57
– устаткування	3 612 941,90
– інші витрати	6 083 490,04

Відповідно до [7], поточні ремонти та експлуатаційне утримання автомобільної дороги проводиться кожні чотири роки, а заміна/влаштування нового покриття – кожні 11 років.

Враховуючи це, застосування укріпленої основи в конструкції нежорсткого дорожнього одягу підвищує стійкість асфальтобетонного покриття до утворення колії в 1,5 – 2,0 рази (розділ 2 та розділ 3), в залежності від умов експлуатації, витрати на поточний ремонт та експлуатаційне утримання асфальтобетонного покриття нежорсткого

дорожнього одягу, при застосуванні укріплених шарів основи, зменшується щонайменше в 1,5 рази.

Отже, враховуючи дані [7], кількість поточних ремонтів впродовж 11-ти років становить – 3, а середніх – 3, при влаштуванні конструкції нежорсткого дорожнього одягу без укріплених шарів основи. Для конструкції з укріпленими шарами основи, поточних ремонтів впродовж 11-ти років становить – 1, а середніх – 1.

Тоді, для конструкції нежорсткого дорожнього одягу без укріплення C_p^I становитиме:

$$C_p^I = \frac{(174472,44 \cdot 3 + 81742,00 \cdot 11)}{11} = 129325,39 \text{ грн. з ПДВ,}$$

а C_p^{II} , для конструкції дорожнього одягу з укріпленою основою C_p^I становитиме:

$$C_p^{II} = \frac{(174472,44 \cdot 1 + 81742,00 \cdot 5)}{11} = 53016,58 \text{ грн. з ПДВ,}$$

Показники заносимо в зведену таблицю Ж.5.

Таблиця Е.5 – Показники для розрахунку ефективності капітальних вкладень за двома варіантами будівництва

Найменування варіанту	Капітальні вкладення, грн./ум.км	Вкладення на поточний ремонт та експлуатаційне утримання, грн. рік/ум.км
Конструкція нежорсткого дорожнього одягу без укріплення шарів основи	30 208 310, 94	129 325,39
Конструкція нежорсткого дорожнього одягу з укріплення шарів основи	30 487 294, 50	53 016,58

Використовуючи дані показники, проводимо розрахунок коефіцієнту ефективності:

$$E_B = \frac{129\,325,39 - 53\,016,58}{30\,487\,294,50 - 30\,208\,310,94} = 0,27$$

Таким чином, можна вважати, що капітальні вкладення у влаштування конструкції нежорсткого дорожнього одягу з укріпленими шарами основи, є ефективним, так як $E_B = 0,27 > E_H = 0,12$.

Отже, аналізуючи результати економічних обґрунтувань, маємо такі висновки: асфальтобетонне покриття нежорсткого дорожнього одягу з використанням укріплених шарів основи, має позитивні техніко-економічні результати для подальшого практичного застосування (рис.Е.1).



Рисунок Е.1 – Співвідношення грошових витрат на поточний ремонт та експлуатаційне утримання

Таблиця Ж.6 – Варіанти конструкцій нежорсткого дорожнього одягу в залежності від категорії автомобільної дороги

№ шару	Найменування матеріалів шару конструкції	Товщина шару (см) конструкції залежно від категорії автомобільної дороги.				
		I	II	III	IV	V
1	Асфальтобетон.АСГ.Др.Щ.Б.НП.І. – ДСТУ Б В.2.7-119 (з максимальною крупністю 20 мм)	6	6	5	5	5
	Розлив емульсії – 0,3 л/м ² ДСТУ Б В. 2.7-129					
2	Асфальтобетон.АСГ.Кр.Щ.А.НП.І. – ДСТУ Б В.2.7-119 (з максимальною крупністю 40 мм)	10	10	10	-	-
	Розлив емульсії – 0,3 л/м ² ДСТУ Б В. 2.7-129					
3	Асфальтобетон.АСГ.Кр.П.А.НП.І. – ДСТУ Б В.2.7-119 (з максимальною крупністю 40 мм)	10	10	10	-	-
	Розлив емульсії – 0,8 л/м ² ДСТУ Б В. 2.7-129					
4	ЩПС С-7, укріплена цементом II класу (М40)	22	22	18	18	16
5	ЩПС С-7, - ДСТУ Б В.2.7-30	30	26	18	18	14
	Геосинтетичний матеріал ВБН В.2.3-218-544					
6	Середній пісок	20	20	-	-	-
Примітки: 1. Для асфальтобетонного покриття (верхній, середній, нижній шар) автомобільних доріг I, II категорій необхідно застосовувати бітуми, модифіковані полімерами марок БМПА 40/60-57, БМПА 60/90-53, БМПА 90/130-50 (в залежності кліматичних умовами роботи асфальтобетонного покриття), які повинні відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-135, СОУ 45.2-00018112-067, Р В.2.3-218-02070915-797. 2. Для автомобільної дороги III-V категорії рекомендується застосовувати бітуми нафтові дорожні в'язкі марок: БНД 40/60; БНД 60/90 БНД 90/130 (в залежності кліматичних умовами роботи асфальтобетонного покриття) за ДСТУ 4044, а також при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні бітуми, модифіковані полімерами марок: БМПА 40/60-57, БМПА 60/90-53, БМПА 90/130-50, які повинні відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-135. 3. Для підґрунтовки поверхні основи шару автомобільних доріг I, II категорії рекомендується застосовувати бітуми, модифіковані полімерами у відповідності з ДСТУ Б В.2-7-135 або модифікованою бітумною емульсією у відповідності ДСТУ Б В.2.7-129 (орієнтовні витрати підґрунтовки призначати згідно ДБН В.2.3-4, а їх уточнення здійснювати з урахуванням вимог СОУ 45.2-00018112-046 для забезпечення максимального зчеплення між шарами асфальтобетону) для нижчих категорій лише при техніко-економічному обґрунтуванні.						

Рекомендовані конструкції підсилення нежорсткого дорожнього одягу за результатами розрахунків для доріг I – III категорій на групу розрахункового навантаження A_1 підвищеної стійкості до утворення колії наведено в таблиці Ж.7 – Ж.9.

Таблиця Ж.7 – Типові конструкції підсилення нежорсткого дорожнього одягу на автомобільних дорогах I-а категорії.

Категорія дороги: I-а					
Умови роботи асфальтобетону А-1, А-2					
Матеріал	h, см	Матеріал	h, см	Матеріал	h, см
ЩМА-20 БМПА 60/90-53	5	ЩМА-20 БМПА 60/90-53	5	ЩМА-20 БМПА 90/130-50	5
АБ.АСГ.Др.Щ.А1.НП.І, БМПА 60/90-53+ АСМ	6	АБ.АСГ.Др.Щ.А1.НП.І, БМПА 60/90-53+ АСМ	6	АБ.АСГ.Др.Щ.А1.НП.І, БМПА 90/130-50+ АСМ	6
АБ.АСГ.Кр.П.А-Б.НП.І, БМПА 60/90-53 з дисперсним армуванням	10	АБ.АСГ.Кр.П.А-Б.НП.І, БНД 60/90 з дисперсним армуванням	10	АБ.АСГ.Кр.П.А-Б.НП.І, БНД 90/130 з дисперсним армуванням	10
Модуль пружності існуючої конструкції 200 МПа		Модуль пружності існуючої конструкції 230 МПа		Модуль пружності існуючої конструкції 260 МПа	
Конструкції підсилення існуючого дорожнього одягу після повного фрезерування асфальтобетонних шарів покриття					
Матеріал	h, см	Матеріал	h, см	Матеріал	h, см
ЩМА-20 БМПА 60/90-53	5	ЩМА-20 БМПА 60/90-53	5	ЩМА-20 БМПА 90/130-50	5
АБ.АСГ.Др.Щ.А1.НП.І, БМПА 60/90-53 з дисперсним армуванням	6	ЩМА-40 БМПА 60/90-53	10	АБ.АСГ.Др.Щ.А1.НП.І, БМПА 90/130-50	6
АБ.АСГ.Кр.П.А-Б.НП.І, БМПА 60/90-53	10	АБ.АСГ.Кр.П.А-Б.НП.І, БМПА 60/90-53	10	АБ.АСГ.Кр.П.А-Б.НП.І, БНД 90/130	10
ЩПС С-7, укріплена цементом, М20	16	КУГ та ГПС, укріплені комплексним в'язучим, М20	15	ГПС неоптимального складу, укріплені цементу, М20	16
Модуль пружності існуючої конструкції 120 МПа		Модуль пружності існуючої конструкції 150 МПа		Модуль пружності існуючої конструкції 180 МПа	
* АСМ застосовують на ділянках екстреного гальмування					

Таблиця Ж.8 – Типові конструкції підсилення нежорсткого дорожнього одягу на автомобільних дорогах II категорії.

Категорія дороги: II					
Умови роботи асфальтобетону А-1, А-2					
Матеріал	h, см	Матеріал	h, см	Матеріал	h, см
ЩМА-20 БМПА 60/90-53	5	ЩМА-15 БМПА 60/90-53	4	ЩМА-20 БМПА 60/90-53	5
АБ.АСГ.Др.Щ.А1.НП.І, БМПА 60/90-53	6	АБ.АСГ.Др.Щ.А1.НП.І, БМПА 90/130-50+ АСМ	6	АБ.АСГ.Др.Щ.А1.НП.І, БМПА 60/90-53	6
АБ.АСГ.Кр.П.А-Б.НП.І, БМПА 60/90-53 з дисперсним армуванням	10	АБ.АСГ.Кр.П.А-Б.НП.І, БНД 90/130 з дисперсним армуванням	10	Модуль пружності існуючої конструкції 235 МПа	
Модуль пружності існуючої конструкції 120 МПа		Модуль пружності існуючої конструкції 180 МПа			
Конструкції підсилення існуючого дорожнього одягу після повного фрезерування асфальтобетонних шарів покриття					
Матеріал	h, см	Матеріал	h, см	Матеріал	h, см
ЩМА-15 БМПА 60/90-53	4	ЩМА-20 БМПА 60/90-53	5	ЩМА-15 БМПА 60/90-53 *	4
АБ.АСГ.Др.Щ.А1.НП.І, БМПА 60/90-53+ АСМ	6	ЩМА-40 БМПА 60/90-53	10	АБ.АСГ.Др.Щ.А1.НП.І, БМПА 60/90-53+ АСМ	6
АБ.АСГ.Кр.П.А-Б.НП.І, БМПА 60/90-53	10	АБ.АСГ.Кр.П.А-Б.НП.І, БНД 90/130	10	КУГ та ГПС, укріплені комплексним в'язучим, М20	
ЩПС С-7, укріплена цементом, М20	14	ЩПС, укріплена гранульованим доменним шлаком (1:1) , М20	14		
Модуль пружності існуючої конструкції 90 МПа		Модуль пружності існуючої конструкції 150 МПа		Модуль пружності існуючої конструкції 200 МПа	
* АСМ застосовують на ділянках екстреного гальмування.					

Таблиця Ж.9 – Типові конструкції підсилення нежорсткого дорожнього одягу на автомобільних дорогах III категорії

Категорія дороги: III					
Умови роботи асфальтобетону А-1, А-2					
Матеріал	h, см	Матеріал	h, см	Матеріал	h, см
АБ.АСГ.Др.Щ.А1.НП.І, БМПА 60/90-53	5	АБ.АСГ.Др.Щ.А1.НП.І, БМПА 90/130-50	5	АБ.АСГ.Др.Щ.А1.НП.І, БМПА 90/130-50	5
АБ.АСГ.Кр.Щ.А1.НП.І, БНД 90/130 з дисперсним армуванням	10	АБ.АСГ.Кр.Щ.А1.НП.І, БНД 60/90 з дисперсним армуванням	10	АБ.АСГ.Кр.Щ.А1.НП.І, БНД 90/130 з дисперсним армуванням	10
Модуль пружності існуючої конструкції 120 МПа		Модуль пружності існуючої конструкції 170 МПа		Модуль пружності існуючої конструкції 215 МПа	
Конструкції підсилення існуючого дорожнього одягу після повного фрезерування асфальтобетонних шарів покриття					
Матеріал	h, см	Матеріал	h, см	Матеріал	h, см
ЩМА-20 БМПА 60/90-53	5	АБ.АСГ.Др.Щ.А1.НП.І, БМПА90/130-50	5	АБ.АСГ.Др.Щ.А1.НП.І, БМПА 90/130-50	5
АБ.АСГ.Кр.Щ.А1.НП.І, БМПА 60/90-53 з дисперсним армуванням	10	АБ.АСГ.Кр.Щ.А1.НП.І, БНД 60/90+ АСМ з дисперсним армуванням	10	АБ.АСГ.Кр.Щ.А1.НП.І, БНД 90/130 з дисперсним армуванням	10
ЩПС С-7, укріплена цементом, М20	14	ЩПС С-7, укріплена цементом, М20	15	ЩПС С-7, укріплена цементом, М20	16
Модуль пружності існуючої конструкції 80 МПа		Модуль пружності існуючої конструкції 100 МПа		Модуль пружності існуючої конструкції 130 МПа	

Рекомендовані конструкції з влаштуванням захисного шару зносу та з литої емульсійно-мінеральної суміші на автомобільних дорогах I – III категорії при ремонті утвореної колії наведено в таблиці Ж.10, Ж.11.

Таблиця Ж.10 – Типові конструкції дорожнього одягу з влаштуванням захисного шару зносу на автомобільних дорогах I – III категорії

Категорія дороги: I – III					
Умови роботи асфальтобетону А-2, А-3, А-4					
Матеріал	h, см	Матеріал	h, см	Матеріал	h, см
ЩМА-10 БМПА 60/90-53, з дисперсним армуванням	4	ЩМА-10 БМПА 60/90-53, з дисперсним армуванням	3	ЩМА-15 БМПА 60/90-53, з дисперсним армуванням	4
Конструкція існуючого дорожнього одягу					
Матеріал	h, см	Матеріал	h, см	Матеріал	h, см
ЩМА-15 БМПА 90/130-50, з дисперсним армуванням	5	ЩМА-20 БМПА 60/90-53, з дисперсним армуванням	5	ЩМА-20 БМПА 90/130-50, з дисперсним армуванням	6
Конструкція існуючого дорожнього одягу					

Таблиця Ж.11 – Типові конструкції дорожнього одягу з литої емульсійно-мінеральної суміші нежорсткого дорожнього одягу на автомобільних дорогах.

Категорія дороги: I – III			
Умови роботи асфальтобетону А-1, А-2			
Матеріал	h, мм	Матеріал	h, мм
ЛЕМС Б-2	10	ЛЕМС Б-3	15
Конструкції існуючого дорожнього одягу			

Запропоновані конструкції нежорсткого дорожнього одягу з підвищеною стійкістю до утворення колії були впроваджені в умовах Укравтодору, в тому числі в нормативно-технічному документі А Д 2.4-37641918-007 [188].

ДОДАТОК И

Довідки про впровадження результатів розробок

ДЕРЖАВНЕ АГЕНТСТВО АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ УКРАЇНИ



ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО –
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ІНСТИТУТ
З ПРОЕКТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ
ДОРОЖНЬОГО ГОСПОДАРСТВА
УКРДІПРОДОР



03680, м. Київ, Повітрофлотський пр-кт, 39/1
тел./факс: (044) 249-84-83
e-mail: okt@diprodor.com

“20” 12 2012р.

№ 260-01

на № _____ від _____

ДОВІДКА

**про впровадження наукових розробок
аспіранта Національного транспортного університету
Гаркуші Миколи Васильовича**

Наукові розробки та практичні рекомендації Гаркуші М.В. щодо застосування укріплених шарів неорганічними в'язучими речовинами в конструкції нежорсткого дорожнього одягу знайшли практичне застосування при проектуванні конструкцій дорожнього одягу нежорсткого типу в 2012 році.

На основі зазначених наукових розробок та рекомендацій були запроектовані різні варіанти конструкцій дорожнього одягу з використанням укріплених шарів неорганічними в'язучими речовинами та вибраний оптимальний варіант з точки зору забезпечення колієстійкості, та довговічності нежорсткого дорожнього одягу від дії великовагових транспортних засобів на автомобільних стоянках майданчиків відпочинку при розробленні проектної документації на капітальний ремонт автомобільної дороги державного значення М-06 Київ-Чоп на ділянці км 14+080 – км 128+000 в Житомирській та Київській областях.

Заступник головного інженера
ДП «Укрдіпродор», канд. техн. наук



Ф.П. Гончаренко



Науково-виробнича фірма

"МОСТОПРОЕКТ"

03164; м. Київ, вул. Осіння 33, секція 5,
оф. 492. тел./факс: (044) 423-83-22;

E-mail: mproekt@ukr.net

ISO 9001:2009

Сертифікат:

UA 2.046.05076-10

ЛІЦЕНЗІЯ № АГ 577378 ВІД 26.04.2011 Р. МІНІСТЕРСТВО РЕГІОНАЛЬНОГО РОЗВИТКУ ТА БУДІВНИЦТВА УКРАЇНИ

ДОВІДКА

**про впровадження наукових розробок
аспіранта кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії Національного
транспортного університету Гаркуші М. В.**

Підтверджую, що наукові розробки аспіранта Гаркуші М.В. були використані ПП «НВФ Мостопроєкт» при проведенні роботи з розробки складу укріпленої бітумною емульсією та цементом фрезерованої суміші асфальтобетону та нового мінерального матеріалу для влаштування шару основи методом холодного ресайклінгу при капітальному ремонті міжнародної автомобільної дороги державного значення М 01 Київ – Чернігів - Нові Яриловичі, в Чернігівській області (км 80+500 – км 84+000 та км 89+871 – км 95+342) на протязі 2012 року.

Був виконаний розрахунок об'ємів для влаштування основи методом холодного ресайклінгу, також розроблено зерновий склад суміші фрезерованого асфальтобетону та нового мінерального матеріалу для технології холодного ресайклінгу з розробкою рецепту суміші фрезерованого асфальтобетону та нового мінерального матеріалу, укріпленого бітумною емульсією та цементом для забезпечення колієстійкості, та довговічності нежорсткого дорожнього одягу від дії великовагових транспортних засобів.

Також ним розроблені практичні рекомендації, щодо застосування укріплених шарів в конструкції нежорсткого дорожнього.

Дані розробки дозволили підвищити колієстійкість, зсувостійкість, тріщиностійкість нежорсткого дорожнього одягу.

Головний інженер проекту

НВФ «Мостопроєкт»

Замана Ігор Миколайович

ДОВІДКА
про впровадження наукових розробок
аспіранта кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії
Національного транспортного університету
Гаркуша Микола Васильович

Аспірантом кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії, було розроблено для ТОВ «СПЕЦГІДРОЗАХИСТ» технологічні карти та технічні вимоги на влаштування гідроізоляцій різних бітумно-латексних матеріалів, а саме: гідроізоляція для захисту мостових споруд з використанням бітумно-латексної мастики «ELASTOFALT SPRAYKOTE 230»; гідроізоляція для будівельних конструкцій із застосуванням модифікованої бітумної емульсії «ELASTOFALT SPRAYKOTE 90, 45, 15»; гідроізоляція для будівельних конструкцій із застосуванням модифікованої бітумної емульсії «LATEXFALT SAFEGRIP SE»; гідроізоляція для будівельних конструкцій із застосуванням модифікованої бітумної емульсії «ELASTOFALT EP»; герметизації тріщин і стиків та влаштуванню температурних та деформаційних швів із застосуванням модифікованої полімерно – бітумної мастики «LATEXFALT JOINT FILL JE/RJ».

Цим підтверджую, що розроблені М.В. Гаркушою технологічні карти знайшли практичне застосування, як в проектних організаціях так і в дорожніх організаціях.

Вище наведені розробки дозволяють підвищувати тріщиностійкість, колієстійкості та зсувостійкість, асфальтобетонного покриття на автомобільних дорогах загального та місцевого значення.

Директор

ТОВ «СПЕЦГІДРОЗАХИСТ»



Д.О. Садовський

Товариство з обмеженою відповідальністю
«ТЕХНОЛОГІЇ БІТУМА»

Україна, м. Ужгород, вул. Гагаріна 101, каб. 721

ДОВІДКА

про впровадження наукових розробок
аспіранта НТУ Гаркуші М. В.

Цим, підтверджую, що наукові розробки аспіранта кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії, Гаркуші М.В. знайшли практичне застосування при проектуванні конструкцій дорожнього одягу нежорсткого типу, для підвищення колієстійкості, тріщиностійкості покриття за рахунок використання матеріалу «Flexigum HP» фірми ТОВ «Технології-Бітума» при виконанні робіт в умовах України для автомобільних доріг загального користування, аеродромів, вулиць, сільських та міських доріг, а також сільськогосподарських і промислових стоянок протягом 2010- 2012 років.

Були запроєктовані різні варіанти конструкцій дорожнього одягу з використанням укріплених шарів в'язучми речовинами з використання матеріалу «Flexigum HP» для забезпечення колієстійкості, та довговічності нежорсткого дорожнього одягу від дії великовагових транспортних засобів.

Також ним розроблені практичні рекомендації щодо застосування укріплених шарів в конструкції нежорсткого дорожнього одягу з використання матеріалу «Flexigum HP».

Вищенаведені розробки дозволили підвищити колієстійкість , зсувостійкість нежорсткого дорожнього одягу на автомобільних дорогах загального та місцевого значення.

Генеральний директор
ТОВ «Технології Бітума»



Садовський О. А.

**ДЕРЖАВНЕ АГЕНТСТВО
АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ УКРАЇНИ**
Державне підприємство «Центр науково-
технічного супроводу дорожніх робіт та
сертифікації дорожньої продукції»
(ДП «Дорцентр»)

03680, м. Київ, вул. Горького, 51
Телефон: 287-57-77, факс 287-57-78
E-mail: dp.dntc.dorjakist@gmail.com
код 21476215



THE STATE ROAD AGENCY OF UKRAINE
State Enterprise «Center of science - technical
maintenance of road works, and road products
certification»
(DP «Dortsentr»)

03680, Kyiv, 51 Gorkogo str.,
Tel. 287-57-77, fax 287-57-78
E-mail: dp.dntc.dorjakist@gmail.com
code 21476215

06.11.2014 № 25/25-509

На № _____ від _____

ДОВІДКА
про впровадження наукових розробок
аспіранта кафедри ДБМ і хімії
Національного транспортного університету
Гаркуші Миколи Васильовича

Даною довідкою підтверджується, що аспірантом Гаркушею М. В. спільно з ДП «Дорцентр» розроблено стандарти організації України, рекомендації, методика у галузі дорожнього господарства, зокрема:

1. Р В.3.1-218-21476215-798:2011 Рекомендації щодо аналізу інформації за результатами моніторингу стану дорожнього одягу для планування ремонтних робіт автомобільних доріг у тому числі для СУСП;
2. Р В.2.3-218-21476215-795:2011 Рекомендації щодо підвищення колієстійкості асфальтобетонного покриття;
3. СОУ 45.2-00018112-076:2012 Асфальтобетонні шари з армуючими прошарками. Метод визначення розрахункових характеристик;
4. МВ В.2.8-21476215-730:2013 Методичні вказівки щодо приготування різних сумішей з використанням лабораторного лопатевого змішувача.

Розроблені вище наведені нормативні документи на замовлення Державного агентства автомобільних доріг України. Дані розробки дозволять підвищити колієстійкість, зсувостійкість та тріщиностійкість асфальтобетонного покриття, які знайшли практичне застосування при проектуванні, виготовленні та влаштуванні асфальтобетонного покриття на автомобільних дорогах.

В.о. директора

В.В. Стюжка

000543



ДОВІДКА

про впровадження наукових розробок аспіранта кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії Національного транспортного університету
Гаркуші Миколи Васильовича

Даною довідкою підтверджується, що результати наукових розробок Гаркуші М.В. впроваджені у дорожньому господарстві України і вони мають практичне значення та застосування у напрямку підвищення довговічності покриття за рахунок покращення колієстійкості, зсувостійкості та тріщиностійкості асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу та покриття металевих транспортних споруд.

Аспірант Гаркуша М.В. є співавтором стандартів, рекомендацій та методик у сфері дорожнього господарства, зокрема:

1. СОУ 42.1-37641918-100:2013 Будівельні матеріали. Бітуми дорожні модифіковані з використанням лабораторної лопатевої мішалки. Методи контролю процесу модифікації;

2. СОУ 42.1-37641918-099:2013 Розрахунковий опір розтягу при згині монолітних дорожньо-будівельних матеріалів. Метод визначення;

3. Р В.2.3-218-21476215-795:2011 Рекомендації щодо підвищення колієстійкості асфальтобетонного покриття;

4. Р В.3.1-218-21476215-798:2011 Рекомендації щодо аналізу інформації за результатами моніторингу стану дорожнього одягу для планування ремонтних робіт автомобільних доріг у тому числі для СУСП;

5. Р В.2.3-21476215-863:2015 Рекомендації з проектування дорожнього одягу автомобільних доріг загального користування;

6. Р В.2.3-218-02070915-797:2011 Рекомендації з підвищення зсувостійкості асфальтобетонного покриття на бетонних та залізобетонних основах;

7. М 21476215/02070915-713:2012 Методика визначення циклічної довговічності армуючих синтетичних матеріалів асфальтобетонних шарів.

Директор Департаменту
розвитку мережі доріг

Сергій Цепелев



ДОВІДКА
Про впровадження наукових розробок
Аспіранта М.В. Гаркуші
Під керівництвом професора д.т.н. В.В. Мозгового

Цим підтверджую, виконувався технічний аудит фахівцями Національного транспортного університету під керівництвом проф. В.В. Мозгового виконавцем аспірантом М.В. Гаркушою на контрактах № 1 - № 5 на замовлення "Mott MacDonald Limited" при реконструкції та капітальному ремонті автомобільної дороги державного значення М-03 Київ – Харків – Довжанський до параметрів І-б технічної категорії.

Програма технічного аудиту:

Відбір зразків-кernів з дорожнього покриття на зазначених контрактах для лабораторних випробувань, а саме: фото-аналіз та візуальна оцінка дорожнього покриття, вимірювання товщини шарів дорожнього одягу, відносне ущільнення, визначення середньої щільності кожного шару покриття, наведених у результатах випробувань у порівнянні з проектною величиною, визначення пористості та залишкової пористості асфальтобетону, проведення аналізу вмісту бітуму для кожного шару асфальтобетонного покриття, аналіз гранулометричного складу асфальтобетонної суміші у відповідності до вимог ДСТУ Б В.2.7-119-2003, ДСТУ Б В.2.7-127:2006, ДСТУ Б В.2.7-89-99 та ББН В.2.3-218-186-2004.

Вимірювання прогинів дорожнього покриття з використанням балки Бенкельмана для аналізу міцності асфальтобетонних шарів дорожнього одягу.

Аналіз результатів та надання пропозицій по підвищенню колієстійкості та тріщиностійкості дорожнього одягу на автомобільній дорозі державного значення М-03 Київ – Харків – Довжанський.

Аналіз результатів та обговорення пропозицій по підвищенню колієстійкості дорожнього одягу на автомобільній дорозі державного значення М-03 Київ – Харків – Довжанський.

Професором В.В. Мозговим та аспірантом М.В. Гаркушою на основі отриманих досліджень спільно з "Mott MacDonald Limited" обговорювались пропозиції з підвищення тріщиностійкості, колієстійкості та зсувостійкості асфальтобетонного покриття на автомобільній дорозі державного значення М-03 Київ – Харків – Довжанський.

Голова представництва
 "Mott MacDonald Limited" в Україні



Тетяна Чехет



Stoneham Place, Stoneham Lane, Southampton, Hampshire SO50 9NW, United Kingdom

T +44 (0)23 8062 8800 F +44 (0)23 8062 8801 W www.mottmac.com

Mott MacDonald Limited. Registered in England and Wales no. 1243967

Registered office: Mott MacDonald House, 8-10 Sydenham Road, Croydon CR0 2EE, United Kingdom

Державна служба автомобільних доріг України
«Укравтодор»
Державний науково-технічний центр інспекції якості та сертифікації дорожньої
продукції «Дор'якість»
Національний транспортний університет

РЕКОМЕНДАЦІЇ
ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ КОЛІСТІЙКОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО
ПОКРИТТЯ
Р В.2.3-218-21476215-795:2011

Київ
2011

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ УКРАЇНИ
(УКРАВТОДОР)

Державний науково-технічний центр інспекції якості та
сертифікації дорожньої продукції (ДНПЦ “Дор’якість”)
Національний транспортний університет (НТУ)

**РЕКОМЕНДАЦІЇ
ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ СУМІШЕЙ
З АРМУЮЧИМИ МІКРОВОЛОКНАМИ**

Р В.2.7-218-21476215-796:2011

Київ
2011

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ УКРАЇНИ
(УКРАВТОДОР)

Державний науково-технічний центр інспекції якості та
сертифікації дорожньої продукції (ДНТЦ “Дор’якість”)
Національний транспортний університет (НТУ)

**РЕКОМЕНДАЦІЇ
ЩОДО АНАЛІЗУ ІНФОРМАЦІЇ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ МОНІТОРИНГУ
СТАНУ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ РЕМОНТНИХ
РОБІТ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ У ТОМУ ЧИСЛІ ДЛЯ СУСП**

РВ.3.1–218–21476215–798:2011

Київ
2011



СТАНДАРТ ОРГАНІЗАЦІЇ УКРАЇНИ

**РОЗРАХУНКОВИЙ ОПІР РОЗТЯГУ ПРИ ЗГИНІ
МОНОЛІТНИХ ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ**

Метод визначення

СОУ 42.1-37641918-099:2013

Видання офіційне

КИЇВ
ДЕРЖАВНЕ АГЕНТСТВО АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ УКРАЇНИ
(УКРАВТОДОР)
2013

**Державне агентство автомобільних доріг України (Укравтодор)
Державне підприємство «Центр науково-технічного супроводу дорожніх
робіт та сертифікації дорожньої продукції» ДП «Дорцентр»**

Національний транспортний університет

**РЕКОМЕНДАЦІЇ
З ПРОЕКТУВАННЯ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ АВТОМОБІЛЬНИХ
ДОРІГ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ
Р В.2.3-21476215-863:2015**

Київ
2015

**Державне агентство автомобільних доріг України (Укравтодор)
Державне підприємство «Центр науково-технічного супроводу дорожніх
робіт та сертифікації дорожньої продукції» ДП «Дорцентр»**

Національний транспортний університет

**КОНЦЕПЦІЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ ТА МОДЕРНІЗАЦІЇ КІЛЬЦЕВОГО
ВИПРОБУВАЛЬНОГО СТЕНДУ**

Київ
2015

**Державне агентство автомобільних доріг України (Укравтодор)
Національний транспортний університет (НТУ)**

**ДОВІДНИК №2
РОЗРАХУНКОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК АСФАЛЬТОБЕТОНІВ**

Київ
2017

УКРАЇНА



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
 ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

СВІДОЦТВО

про реєстрацію авторського права на твір

№ 48068

Літературний письмовий твір наукового характеру "Методика визначення тривалостійкості та колістійкості асфальтобетонних шарів конструкцій дорожнього одягу з використанням доменних шлаків в шарах основи"

(вид, назва службового твору)

Автор(и) Мозговий Володимир Васильович, Овищенко Артур Миколайович, Липтсва Наталія Сергіївна, Гаркуша Микола Васильович, Аксьонов Сергій Юрійович

(повне ім'я, пов'язані (за наявності))

Авторські майнові права належать Мозговий Володимир Васильович, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Овищенко Артур Миколайович, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Липтсва Наталія Сергіївна, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Гаркуша Микола Васильович, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Аксьонов Сергій Юрійович, вул. Суворова-1, м. Київ-10, 01010; Національний транспортний університет, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010

(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

Дата реєстрації 26.02.2013



Голова Державної служби
 інтелектуальної
 власності України
 М.В. Ковіня

Handwritten signature

УКРАЇНА



СВІДОЦТВО
про реєстрацію авторського права на твір

№ 78942

Літературний письмовий твір науково-технічного характеру "Стандарт організації України. Дорожньо-будівельні матеріали. Метод випробування на стійкість до накопичення залишкових деформацій. СОУ 45.2-00018112-020:2009. Проект"

(вид, назва твору)

Автор(и) Мозговий Володимир Васильович, Онищенко Артур Миколайович, Різніченко Олександр Сергійович, Гаркуша Микола Васильович, Лещук Ольга Миколаївна, Тюленев Євген Ігорович, Плазій Євген Павлович

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Дата реєстрації 10.05.2018

Державний секретар Міністерства економічного розвитку і торгівлі України О. Ю. Перевезенцев





ORGANIZERS:
Vilnius Gediminas Technical University (Lithuania)
Lithuanian Society of Automotive Engineers (LSAE)
JSC "Lithuanian Railways"
National Aviation University (Ukraine)

17th Conference for Junior Researchers
SCIENCE – FUTURE OF LITHUANIA. Transport Engineering and Management

This is to certify that **Mykolay GARKUSHA**
(National Transport University, Ukraine)
has been awarded this

DIPLOMA

for scientific report

**Method of preparation and test results of bitumen modified with polymers
using laboratory blade mixer** presented in the Conference
(co-authors – Arthur ONISCHENKO, Sergey AKSENOV,
Vadim NEVNIHLOVSKYY, Oleksandr RIZNICHENKO)

Date of Award: May 8, 2014

Name of the Place: Vilnius, Lithuania

Date of Event: May 8, 2014

Chairman of the Organizing Committee

Prof. Dr. Olegas PRENTKOVSKIS (Vilnius Gediminas Technical University)

Chairman of the Scientific Committee

Assoc. Prof. Dr. Raimundas JUNEVIČIUS (Vilnius Gediminas Technical University)
(President of the Lithuanian Society of Automotive Engineers – LAIS)

<http://jmk.transportas.vgtu.lt>

<http://www.vgtu.lt>

<http://nou.edu.ua>

<http://www.lais.lt>

<http://www.litrail.lt>

Міністерство освіти і науки України
Національний транспортний університет



СЕРТИФІКАТ

№ 11.16-018

Гаркуша М.В.

приймав(ла) участь у Міжнародній конференції

«Сучасні методи і технології проектування, будівництва, експлуатації автомобільних доріг, споруд на них та управління проектами їх розвитку» та пройшов(ла) тренінг

«Підвищення якості підготовки фахівців для транспортної галузі»

22-25 листопада 2016 року

Перший проректор –
проректор з наукової роботи

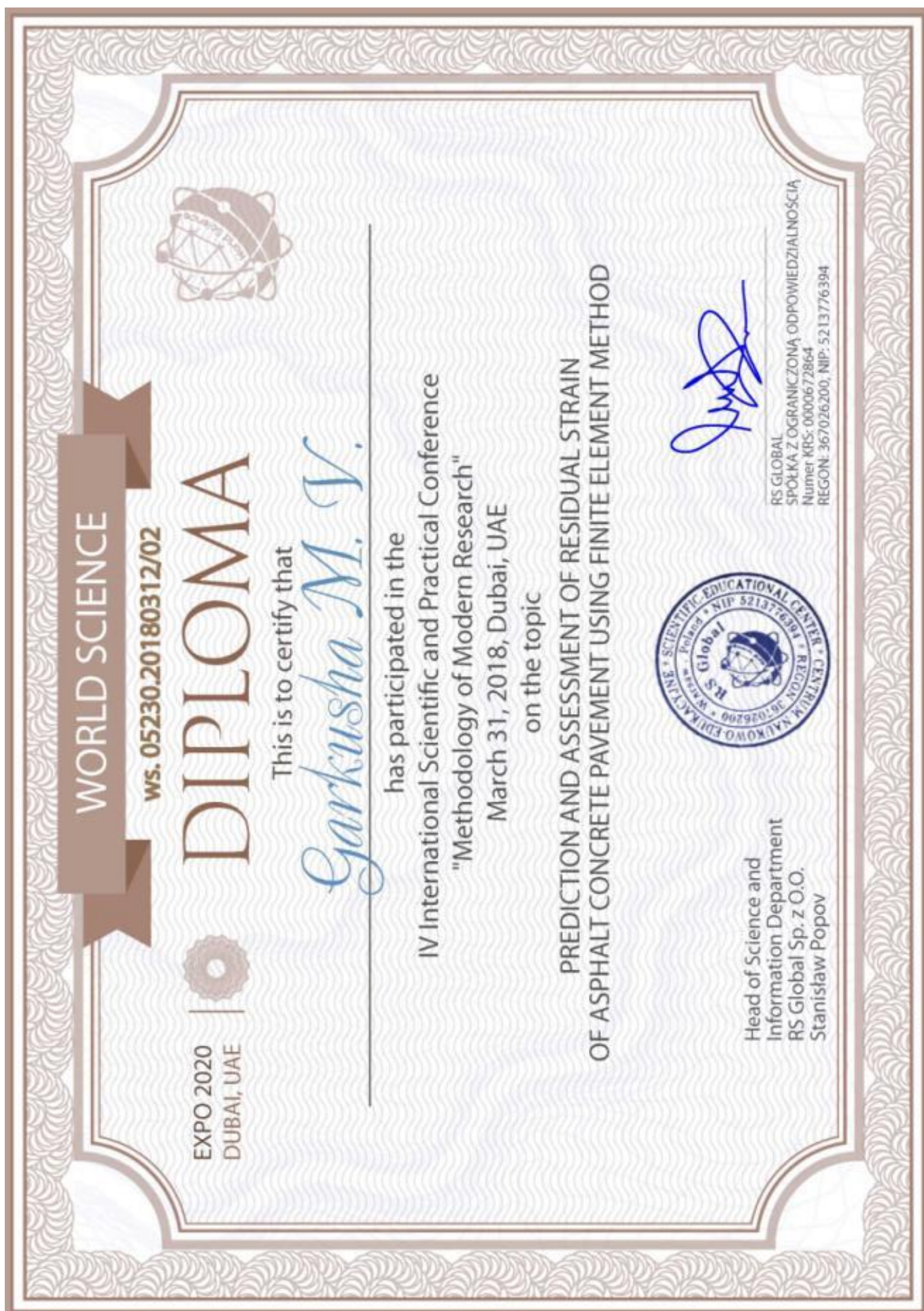
М.М. Дмитрієв

Декан факультету
транспортного будівництва

О.С. Славінська









Zertifikat

Wir erteilen

Herr Ing. Nikolai Garkusha

von der Firma

Universität National Transport Kiew

die

Urkunde

Für die erfolgreiche Intensiv-Schulung in den Bereichen

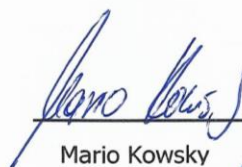
Gußasphalt: Anwendung, Normen und Regelwerke

Vergussmassen für den Straßen- und Brückenbau

**Polymerbitumen Wirkungsweise und Anwendung für den
Straßenbau**

Dortmund, 12.12.2018

Ort, Datum


Mario Kowsky

Dortmunder Gußasphalt GmbH & Co. KG
Am Hafenbahnhof 10
44147 Dortmund



BIGUMA®

BIGUMA®

669324



УКРАЇНА
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

вул.Суворова, 1, м. Київ, 01010 т.ф. +38 (044) 280 82 03, т. +38 (044) 280 87 65
 e-mail: general@ntu.edu.ua, код ЄДРПОУ 02070915

26 10 2016 № 2273/08-12

на № _____

ДОВІДКА

про впровадження результатів науково-дослідної роботи

Результати дисертаційної роботи Гаркуші М.В. «Підвищення колієстійкості асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу» впроваджено в навчальний процес, а саме при викладанні дисциплін: «Асфальтобетон», «Органічні в'язучи», «Будівельне матеріалознавство», «Бетони та будівельні розчини», «Укріплення ґрунтів», «Технології та матеріали для особливих умов» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» (за фаховим спрямування та спеціалізацією: «Технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів», «Автомобільні дороги і аеродроми», «Мости і транспортні тунелі», «Будівництво та експлуатація аеродромів»), крім того при написанні дипломних робіт бакалавра та спеціаліста для студентів спеціалізації «Технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів».

Проректор з навчальної роботи,
 професор НТУ



О.К. Гришук

ДОДАТОК К

Список публікацій здобувача за темою дисертації

Статті у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз:

1. Garkusha M. V. Prediction and assessment of residual strain of asphalt concrete pavement using finite element method / Onishchenko A. M., Leshchuk O. M. // *International scientific and practical conference "World science"*. 2018. № 4 (20), Vol.2. P. 32 – 35. ISSN 2413-1032.

Статті у фахових виданнях:

2. Гаркуша М. В. Підвищення колієстійкості нежорстких дорожніх одягів за рахунок укріплення ґрунтів основи / Гаркуша М. В. // Вісник одеської державної академії будівництва та архітектури. – 2012. – Вип. № 47 – С. 47 – 53.

3. Гаркуша М. В. Методика приготування та результати випробування бітуму модифікованого полімерами за допомогою лабораторного лопатевого змішувача / Мозговий В. В., Онищенко А. М., Аксьонов С. Ю., Гаркуша М. В., Невінгловський В. Ф., Різніченко О. С. // Вісник Національного транспортного університету. – 2012. – № 26. – С. 79 – 84.

4. Гаркуша М. В. Заходи з підвищення колієстійкості асфальтобетонного покриття автомобільних доріг з інтенсивним рухом великовантажних транспортних засобів / Онищенко А. М., Невінгловський В. Ф., Гаркуша М. В., Різніченко О. С., Аксьонов С. Ю., Білан О. О. // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2013. – № 1. – С. 58 – 65.

5. Гаркуша М. В. Використання нових нормативних документів для визначення розрахункових характеристик дорожньо-будівельних матеріалів / Мозговий В. В., Онищенко А. М., Невінгловський В. Ф., Гаркуша М. В.,

Аксьонов С. Ю. // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – 2013. – Вип. 49. – Ч. 1. – С. 245 – 251.

6. Гаркуша М. В. Теоретичні аспекти проектування асфальтобетонних шарів дорожнього одягу заданої довговічності / Аксьонов С. Ю. // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – 2013. – № 90. – С. 57 – 65.

7. Гаркуша М. В. Аналіз застосування холодних асфальтобетонів підвищеної колієстійкості для аварійного ремонту в екстремальних погодніх умовах / Мозговий В. В., Онищенко А. М., Аксьонов С. Ю., Білан О. О. // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – 2014. – № 91. – С. 52 – 75.

8. Гаркуша М. В. Метод розрахунку колієстійкості асфальтобетонного покриття автомобільних доріг / Онищенко А. М. // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – 2015. – № 58. – С. 288 – 294.

9. Гаркуша М. В. Підвищення стійкості до утворення колії асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу / Гаркуша М. В. // Дороги і мости: Збірник наукових праць. – К. : ДП «ДерждорНДІ», 2017. – Випуск 17. – С. 27 – 41.

10. Гаркуша М. В. Прогнозування та оцінка залишкових деформацій асфальтобетонного покриття з використанням методу скінченних елементів / Онищенко А. М., Худолій С. М., Лещук О. М. // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37). – С. 309 – 319.

Опубліковані праці апробаційного характеру:

11. Гаркуша М. В. Вплив укріплення ґрунтів на підвищення довговічності конструкції дорожнього одягу та зменшення колієутворення на автомобільних дорогах України / Гаркуша М. В. // *Проектування, будівництво і експлуатація нежорстких дорожніх одягів. Матеріали міжнародної науково-технічної конференції, яка присвячена 80-річчю ХНАДУ та дорожньо-будівельного факультету.* – Харків : ХНАДУ, 2010. – С.84 – 87.

12. Гаркуша М. В. Моніторинг стану дорожнього одягу для планування ремонтних робіт автомобільних доріг, у тому числі для СУСП / Мозговий В. В., Онищенко А. М., Білан О. О. // Дороги і мости. – 2011. – Вип. 13 – С. 76 – 89.

13. Гаркуша Н. В. Методы повышения устойчивости к колееобразованию асфальтобетонного покрытия / Мозговой В. В., Онищенко А. Н., Гаркуша Н. В. // *Современные тенденции и направления строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог и искусственных сооружений. Материалы научно-технической конференции, посвященной 50-летию республиканского дочернего унитарного предприятия «Белорусский дорожный научно-исследовательский институт «БелдорНИИ»* – Минск – 2012. – С. 144 – 150.

14. Гаркуша М. В. Прогнозування накопичення залишкових деформацій в конструкції нежорсткого дорожнього одягу / Гаркуша М. В. // *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції з участю студентів та молодих вчених «Сучасні комп'ютерно-інноваційні технології проектування, будівництва, експлуатації автомобільних доріг і аеродромів»*. Х. : ХНАДУ. – 2012. – С. 88 – 94.

15. Гаркуша М.В. Аналіз результатів випробування дорожнього одягу різних типів на кільцевому стенді з асфальтобетонними шарами / Онищенко А. М., Гаркуша М. В., Аксьонов С. Ю., Білан О. О. // *Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні технології будівництва та експлуатації автомобільних доріг»*. Харків., ХНАДУ – 2013. – С. 154 – 159.

16. Гаркуша М. В. Підвищення колієстійкості асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу. *LXXIII Наук. конф. проф.-викл. складу, аспірантів, студ. та співр. відокремл. структур. підрозд. ун-ту : тези доп.* К. : НТУ, 2017. – С. 43.

Свідоцтва та патенти:

17. Свідоцтво серія № 48068 Науковий твір. Методика визначення тріщиностійкості та колієстійкості асфальтобетонних шарів конструкції дорожнього одягу з використанням доменних шлаків в шарах основи / Мозговий В. В., Онищенко А. М., Лаптева Н. С., Гаркуша М. В., Аксьонов С. Ю. Дата реєстрації 26.02.2013 р.

18. Свідоцтво серія № 78942 Літературний письмовий твір науково-технічного характеру «Стандарт організації України. Дорожньо-будівельні матеріали. Метод випробування на стійкість до накопичення залишкових деформацій. СОУ 45.2-00018112-020:2009. Проект» / Мозговий В. В., Онищенко А. М., Різніченко О. С., Гаркуша М. В., Лещук О. М., Тюленєв Є. І., Плазій Є. П. Дата реєстрації 10.05.2018 р.