

УДК 625.8:691.21

Соколов О. В., д-р філос. з буд. та цив. інженерії, <https://orcid.org/0000-0002-4694-9647>*Державне підприємство «Національний інститут розвитку інфраструктури» (ДП «НІРІ»), м. Київ, Україна*

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РІЗНИХ НАПОВНЮВАЧІВ НА АТМОСФЕРОСТІЙКІСТЬ АСФАЛЬТОБЕТОНІВ

Анотація

Вступ. Властивості бітумомінерального матеріалу визначаються особливостями зв'язків, що виникають між окремими мінеральними зернами, і залежать від властивостей бітуму, товщини шару бітуму, що покриває мінеральні зерна, а також від процесів взаємодії мінеральних матеріалів і бітуму на їхній спільній поверхні розділу. Для забезпечення міцного і стійкого зв'язку між зернами бітум має рівномірно покривати тонким шаром поверхню мінеральних матеріалів. Для підвищення міцності дорожнього покриття, влаштованого з бітумомінерального матеріалу, необхідно, щоб максимальна кількість бітуму була адсорбована мінеральним матеріалом, а вміст вільного бітуму зведений до мінімального значення.

Проблематика. Залежно від природи мінерального матеріалу і хімічного складу бітуму по різному змінюються властивості його тонких шарів. На активній мінеральній поверхні міцність бітуму в тонкому шарі збільшується із зменшенням його товщини, на інактивній поверхні міцність бітуму із зменшенням товщини шару мало змінюється.

Мета. Дані дослідження були присвячені встановленню впливу наповнювачів різного походження на об'ємні властивості асфальтобетонів і механічні властивості асфальтобетонів, а також на їх атмосферостійкість.

Матеріали і методи. Для проведення досліджень було прийнято мінеральний порошок з вапняку, граніту, кварциту та золи-винесення.

Результати. Результати випробування показали, що із збільшенням вмісту бітуму відбувається поступове зменшення дійсної густини асфальтобетонної суміші та зростання середньої густини асфальтобетону. При цьому, нема чіткої залежності зміни середньої густини мінеральної частини та її пористості від вмісту бітуму, однак існує взаємозв'язок між цими двома показниками. У той же час, поступове збільшення вмісту бітуму призводить до збільшення кількості пор, заповнених в'язким.

Висновки. Всі досліджувані наповнювачі може бути використано для виробництва асфальтобетонних сумішей, однак у певних випадках необхідно вживати заходи з підвищення водостійкості асфальтобетону шляхом використання добавок на основі поверхнево-активних речовин або ж використовувати дані наповнювачі в суміші із наповнювачем з вапняку або інших осадових карбонатних гірських порід.

Використання в дорожньому будівництві досліджених матеріалів дозволить зменшити видобуток кондиційних природних матеріалів і зменшити шкідливий вплив відходів на довкілля.

Ключові слова: асфальтобетон, атмосферостійкість, бітум, водостійкість, механічні властивості, морозостійкість, наповнювач, об'ємні властивості.

Вступ

Властивості бітумомінерального матеріалу визначаються особливостями зв'язків, що виникають між окремими мінеральними зернами, і залежать від властивостей бітуму, товщини шару бітуму, що покриває мінеральні зерна, а також від процесів взаємодії мінеральних матеріалів і бітуму

на їхній спільній поверхні розділу. Для забезпечення міцного і стійкого зв'язку між зернами бітум має рівномірно покривати тонким шаром поверхню мінеральних матеріалів. Рівномірність і ступінь покриття, у свою чергу, залежать від змочування бітумом поверхні мінеральних матеріалів [1]. Після змочування відбувається процес вибіркової адсорбції окремих компонентів бітуму і, в першу чергу, поверхнево-активних речовин. Під час взаємодії мінеральних матеріалів і бітуму найбільш важливе значення мають процеси хімічної адсорбції, що протікають на межі розділу бітум — мінеральний матеріал. Можна вважати, що найміцніше зчеплення зерен досягається, коли вони зв'язані між собою в результаті контакту структурованими оболонками бітуму. Більшість бітумомінеральних сумішей містять в своєму складі дуже тонкі мінеральні зерна з високо розвиненою питомою поверхнею і, отже, підвищеною адсорбційною здатністю. Мінеральні матеріали, які використовують в дорожньому будівництві, як правило, гідрофільні, і тому вода легко змиває з їх поверхні бітумну плівку, зв'язану лише дією слабких молекулярних ван-дер-вальсових сил.

Для підвищення міцності дорожнього покриття, влаштованого з бітумомінерального матеріалу, необхідно, щоб максимальна кількість бітуму була адсорбована мінеральним матеріалом, а вміст вільного бітуму зведений до мінімального значення [2]. Цим вимогам зазвичай задовольняють щільні бітумомінеральні матеріали, що містять в своєму складі тонкий мінеральний порошок із карбонатних осадових гірських порід. Наявність такого порошку забезпечує найбільш сприятливі умови для максимального переведення бітуму в адсорбований стан. Хемосорбційні процеси, що розвиваються на поверхні мінеральних зерен при взаємодії з поверхнево-активними речовинами бітуму створюють умови для утворення міцних зв'язків між бітумом і поверхнею мінеральних матеріалів, і, відповідно, зміцнення всієї системи в цілому з забезпеченням найбільш високої міцності, тепло- і водостійкості. Проте, для забезпечення потрібної деформативності бітумомінерального матеріалу, а також водостійкості необхідно мати в його складі певну кількість вільного бітуму. Протікання адсорбційних процесів, утворюючих різні за міцністю і стійкістю зв'язки на поверхні розділу мінеральний матеріал — бітум, значною мірою залежить від мінералогічного і хімічного складу, характеру і чистоти поверхні мінерального матеріалу.

Залежно від природи мінерального матеріалу і хімічного складу бітуму по різному змінюються властивості його тонких шарів. На активній мінеральній поверхні міцність бітуму в тонкому шарі збільшується із зменшенням його товщини, на інактивній поверхні міцність бітуму із зменшенням товщини шару мало змінюється.

Основна частина

Для отримання якісних асфальтобетонних сумішей бітум треба перевести в такий стан, за якого він легко та рівномірно обволікає мінеральний матеріал. Для цього бітум та інші складники асфальтобетонної суміші нагрівають до певної температури, що залежить від марки використовуваного бітуму. У даних дослідженнях температуру нагрівання бітуму під час змішування з мінеральним матеріалом та температури асфальтобетонної суміші на початку ущільнення було встановлено на основі температурно-в'язкісної залежності (**рис. 1**). Технологічні властивості бітумів характеризують за значенням їхньої динамічної в'язкості. Так, згідно з [3] за температуру змішування бітуму з мінеральним матеріалом приймають температуру, за якої динамічна в'язкість бітуму становить $(0,17 \pm 0,02)$ Па·с, а за температуру початку ущільнення — температуру, за якої динамічна в'язкість бітуму становить $(0,28 \pm 0,03)$ Па·с. Установлені на основі температурно-в'язкісної залежності температури виробництва та початку ущільнення асфальтобетонних сумішей становили відповідно від 148 °С до 152,5 °С та від 139 °С до 143 °С.

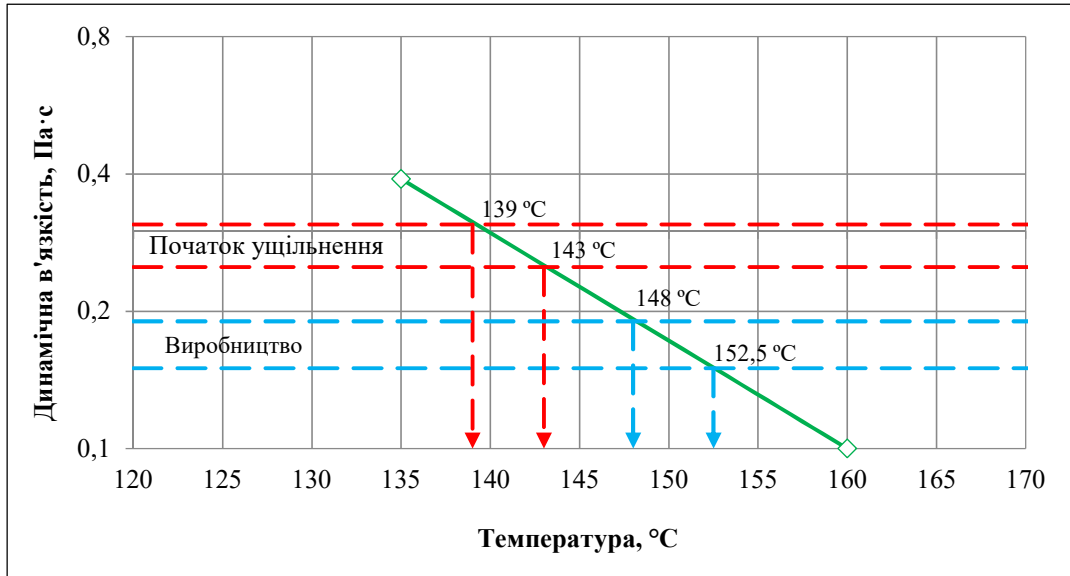


Рисунок 1 — Залежність в'язкості бітуму марки БНД 70/100 від температури

Було виготовлено асфальтобетонні суміші з вмістом бітуму 7,0 %, 7,5 % та 8,0 % за масою мінеральних матеріалів із запроєктованим зерновим складом.

Процес виготовлення асфальтобетонних сумішей в лабораторії здійснювали з дотриманням стандартної послідовності та змісту технологічних операцій згідно з ДСТУ Б В.2.7–319 [4]. Це включало в себе ряд етапів, таких як підготовка мінеральних матеріалів, нагрівання та додавання бітуму, змішування компонентів, формування суміші та її охолодження.

Важливою частиною процесу було забезпечення точності вмісту бітуму у суміші, щоб забезпечити відповідні характеристики асфальтобетону. Тому кожен етап виробництва контролювали згідно встановлених нормативних вимог.

Результати випробування асфальтобетонів з наповнювачем із вапняку наведені у **табл. 1** і на **рис. 2 – 5**.

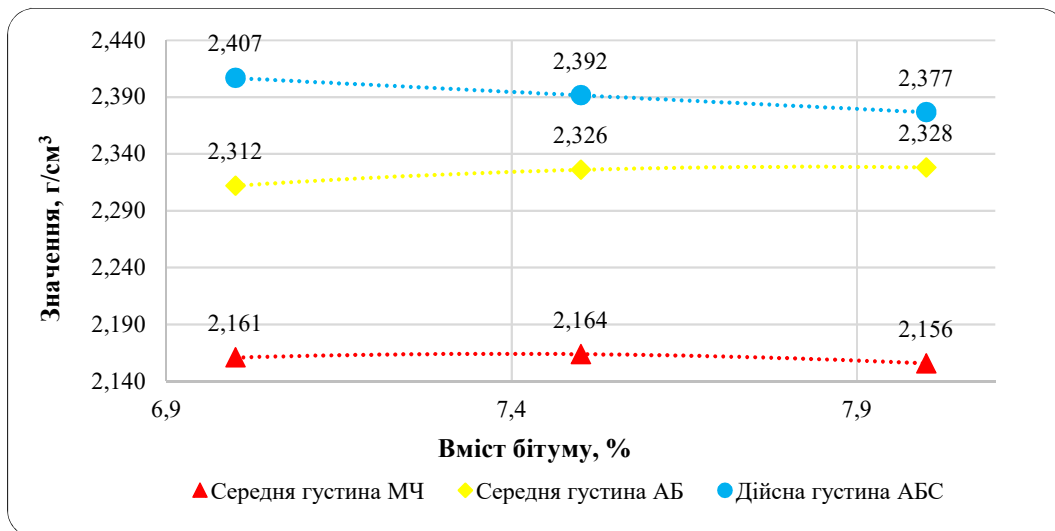


Рисунок 2 — Залежність значень густини від вмісту бітуму

Таблиця 1

Результати випробування асфальтобетонів з наповнювачем із вапняку

Ч.ч.	Найменування показника	Результати випробування		
1	Середня густина дрібного заповнювача фракції 2 – 5 мм, г/см ³	2,679	2,679	2,679
2	Середня густина дрібного заповнювача фракції 0,071 – 2 мм, г/см ³	2,661	2,661	2,661
3	Очевидна густина мінерального порошку, г/см ³	2,631	2,631	2,631
4	Очевидна густина бітуму, г/см ³	1,016	1,016	1,016
5	Середня густина асфальтобетону, г/см ³	2,312	2,326	2,328
6	Вміст дрібного заповнювача фракції 2 – 5 мм, %	25	25	25
7	Вміст дрібного заповнювача фракції 0,071 – 2 мм, %	63	63	63
8	Вміст наповнювача, %	12	12	12
9	Вміст бітуму (понад 100 %), %	7,000	7,500	8,000
10	Вміст бітуму (в 100 %), %	6,540	6,980	7,410
11	Дійсна густина мінеральної частини, г/см ³	2,662	2,662	2,662
12	Середня густина мінеральної частини, г/см ³	2,161	2,164	2,156
13	Дійсна густина суміші, г/см ³	2,407	2,392	2,377
14	Пористість мінеральної частини, % за об'ємом	18,825	18,713	19,020
15	Залишкова пористість, % об'ємом	3,940	2,740	2,050
16	Кількість пор, заповнених в'язучим, % за об'ємом	14,887	15,972	16,973
17	Кількість пор, заповнених в'язучим, %	79,080	85,350	89,240
18	Водонасичення, % об'ємом	2,570	1,250	0,500
19	Пористість мінеральної частини, % за об'ємом (ДСТУ EN)	18,825	18,713	19,020
20	Різниця між залишковою пористістю та водонасичення, %	1,370	1,490	1,550
21	Міцність за температури 20 °С, МПа	4,220	4,500	4,400
22	Міцність за температури 50 °С, МПа	1,520	1,680	1,620
23	Міцність за температури 20 °С, МПа, (після водонасичення)	3,860	4,190	4,180
24	Коефіцієнт довготривалої водостійкості	0,910	0,930	0,950
25	Коефіцієнт морозостійкості	0,850	0,860	0,860

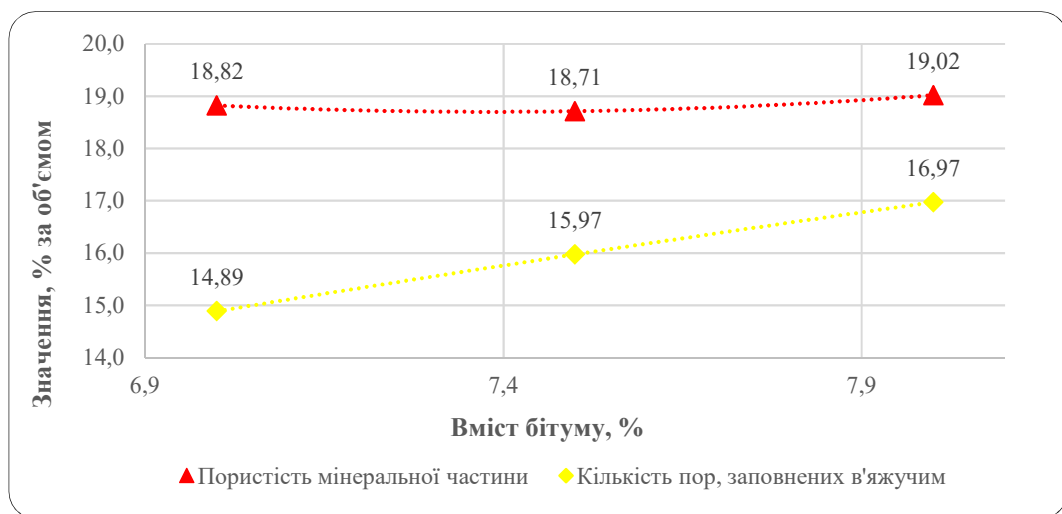


Рисунок 3 — Залежність значень пористості від вмісту бітуму

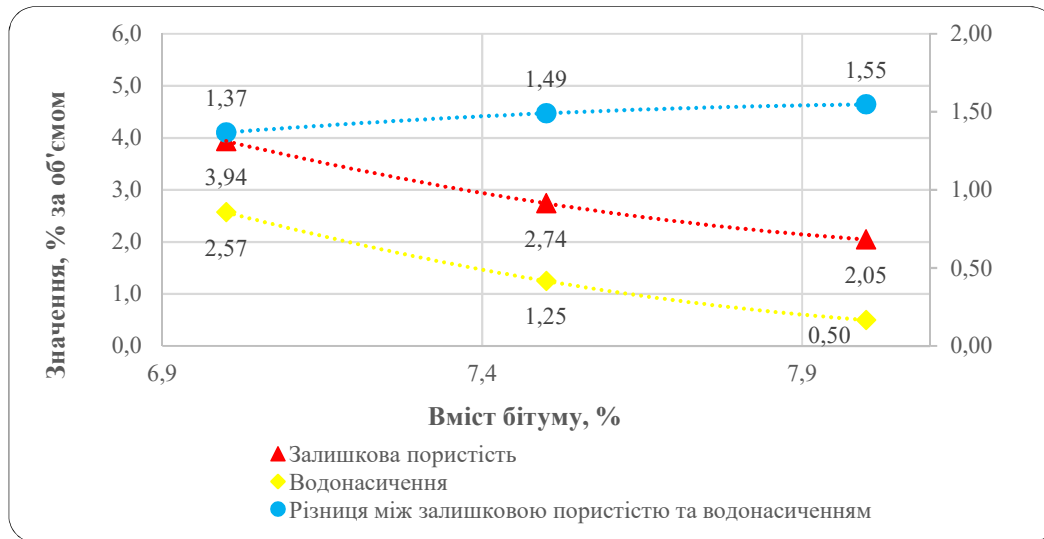


Рисунок 4 — Залежність об'ємних властивостей від вмісту бітуму

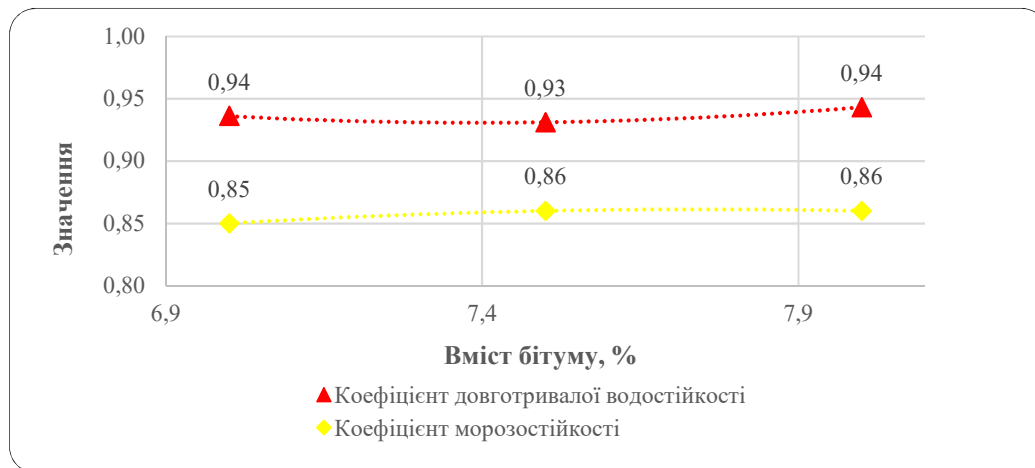


Рисунок 5 — Залежність атмосферостійкості від вмісту бітуму

Результати випробування показали, що із збільшенням вмісту бітуму відбувається поступове зменшення дійсної густини асфальтобетонної суміші та зростання середньої густини асфальтобетону. При цьому, немає чіткої залежності зміни середньої густини мінеральної частини та її пористості від вмісту бітуму, однак існує взаємозв'язок між цими двома показниками. У той же час, поступове збільшення вмісту бітуму приводить до збільшення кількості пор, заповнених в'язким.

Залишкова пористість та водонасичення зменшуються із збільшенням вмісту бітуму. При цьому існує чітка залежність між даними показниками. Варто зазначити, що при зменшенні кількості залишкових пор в асфальтобетоні, різниця між залишковою пористістю та водонасиченням збільшується, що свідчить про більшу кількість замкнутих пор у щільнішому асфальтобетоні.

Вміст бітуму не суттєво впливає на міцність асфальтобетону, його водо- та морозостійкість. У всіх випадках результати випробування знаходяться в межах похибки випробування. При цьому найбільшою міцністю відзначається асфальтобетон з 7,5 % бітуму.

Результати випробування асфальтобетонів з наповнювачем із золи-винесення наведені у табл. 2 і на рис. 6 – 11.

Таблиця 2

Результати випробування асфальтобетонів з наповнювачем
із золи-виношення Бурищинської ТЕС

Ч.ч.	Найменування показника	Результати випробування		
1	Середня густина дрібного заповнювача фракції 2 – 5 мм, г/см ³	2,679	2,679	2,679
2	Середня густина дрібного заповнювача фракції 0,071 – 2 мм, г/см ³	2,661	2,661	2,661
3	Очевидна густина мінерального порошку, г/см ³	2,602	2,602	2,602
4	Очевидна густина бітуму, г/см ³	1,016	1,016	1,016
5	Середня густина асфальтобетону, г/см ³	2,301	2,319	2,325
6	Вміст дрібного заповнювача фракції 2 – 5 мм, %	25	25	25
7	Вміст дрібного заповнювача фракції 0,071 – 2 мм, %	63	63	63
8	Вміст наповнювача, %	12	12	12
9	Вміст бітуму (понад 100 %), %	7	7,500	8
10	Вміст бітуму (в 100 %), %	6,540	6,980	7,410
11	Дійсна густина мінеральної частини, г/см ³	2,658	2,658	2,658
12	Середня густина мінеральної частини, г/см ³	2,150	2,157	2,153
13	Дійсна густина суміші, г/см ³	2,404	2,389	2,374
14	Пористість мінеральної частини, % за об'ємом	19,102	18,848	19,015
15	Залишкова пористість, % об'ємом	4,290	2,92	2,060
16	Кількість пор, заповнених в'язучим, % за об'ємом	14,816	15,924	16,951
17	Кількість пор, заповнених в'язучим, %	77,570	84,490	89,150
18	Водонасичення, % об'ємом	2,820	1,410	0,540
19	Пористість мінеральної частини, % за об'ємом (ДСТУ EN)	19,102	18,848	19,015
20	Різниця між залишковою пористістю та водонасичення, %	1,470	1,510	1,520
21	Міцність за температури 20 °С, МПа	3,900	4,120	4,160
22	Міцність за температури 50 °С, МПа	1,330	1,390	1,510
23	Міцність за температури 20 °С, МПа, (після водонасичення)	3,470	3,690	3,840
24	Коефіцієнт довготривалої водостійкості	0,890	0,900	0,920
25	Коефіцієнт морозостійкості	0,810	0,830	0,870

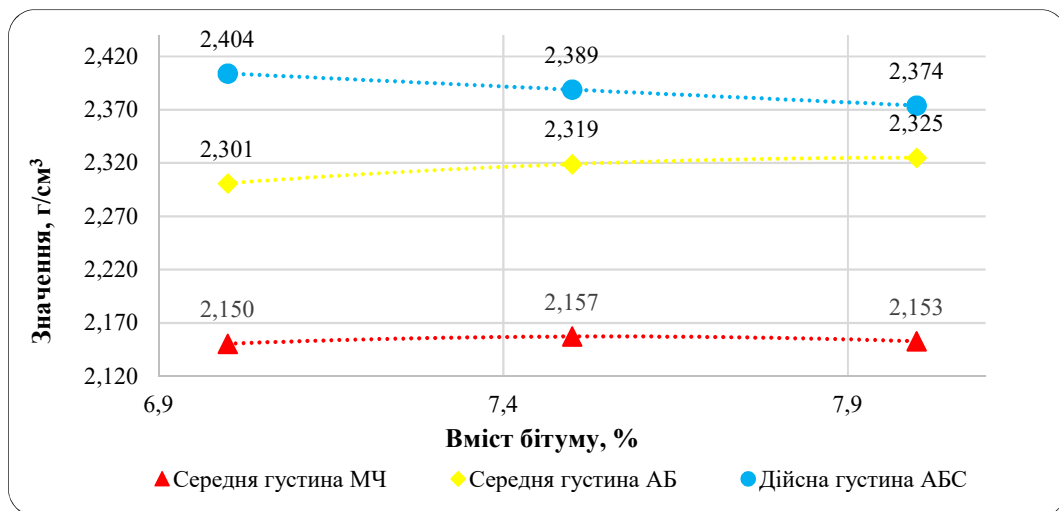


Рисунок 6 — Залежність значень густини від вмісту бітуму

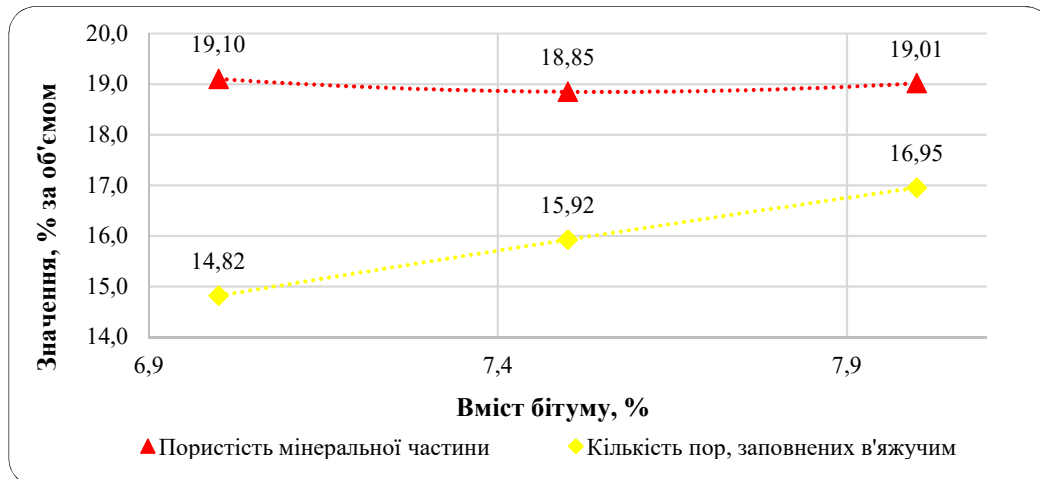


Рисунок 7 — Залежність значень пористості від вмісту бітуму

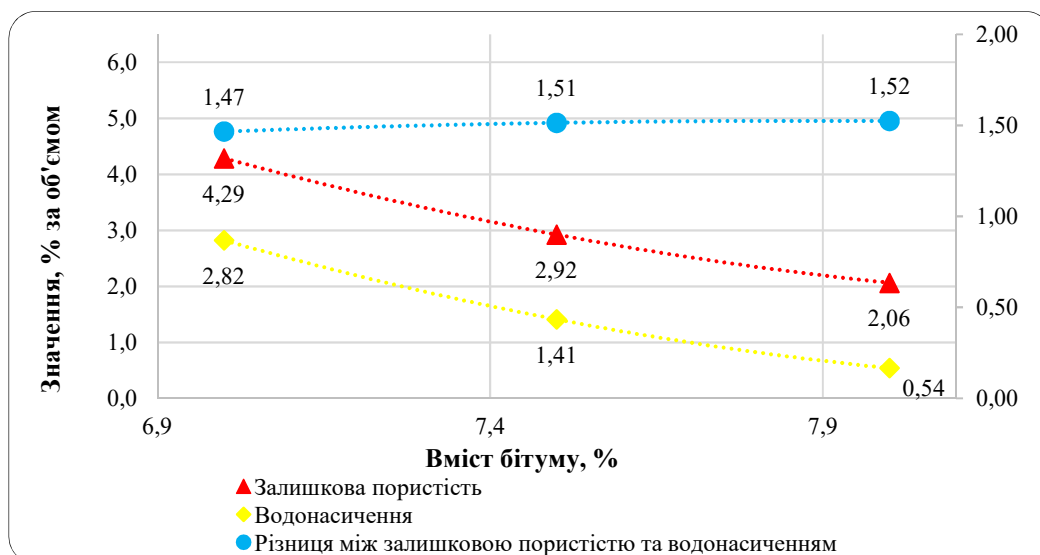


Рисунок 8 — Залежність об'ємних властивостей від вмісту бітуму

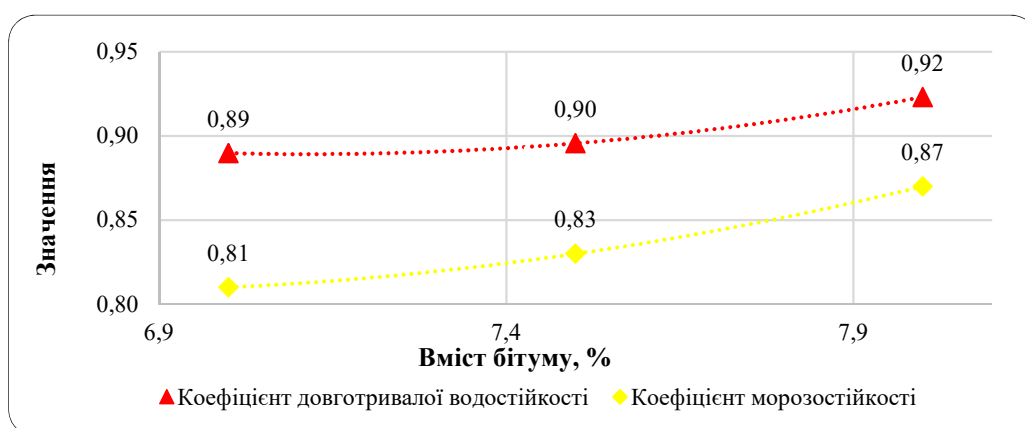


Рисунок 9 — Залежність атмосферостійкості від вмісту бітуму

Результати випробування показали, що із збільшенням вмісту бітуму відбувається поступове зменшення дійсної густини асфальтобетонної суміші та зростання середньої густини асфальтобетону. При цьому, немає чіткої залежності зміни середньої густини мінеральної частини та її пористості від вмісту бітуму, однак існує взаємозв'язок між цими двома показниками. У той же час, поступове збільшення вмісту бітуму призводить до збільшення кількості пор, заповнених в'язучим.

Залишкова пористість та водонасичення зменшуються у міру збільшення вмісту бітуму. При цьому існує чітка залежність між даними показниками. Варто зазначити, що при зменшенні кількості залишкових пор в асфальтобетоні, різниця між залишковою пористістю та водонасиченням збільшується, що свідчить про більшу кількість замкнутих пор у щільнішому асфальтобетоні.

Вміст бітуму не суттєво впливає на міцність асфальтобетону, його водо- та морозостійкість. У всіх випадках результати випробування знаходяться в межах похибки випробування. При цьому найбільшою міцністю відзначається асфальтобетон з 8,0 % бітуму.

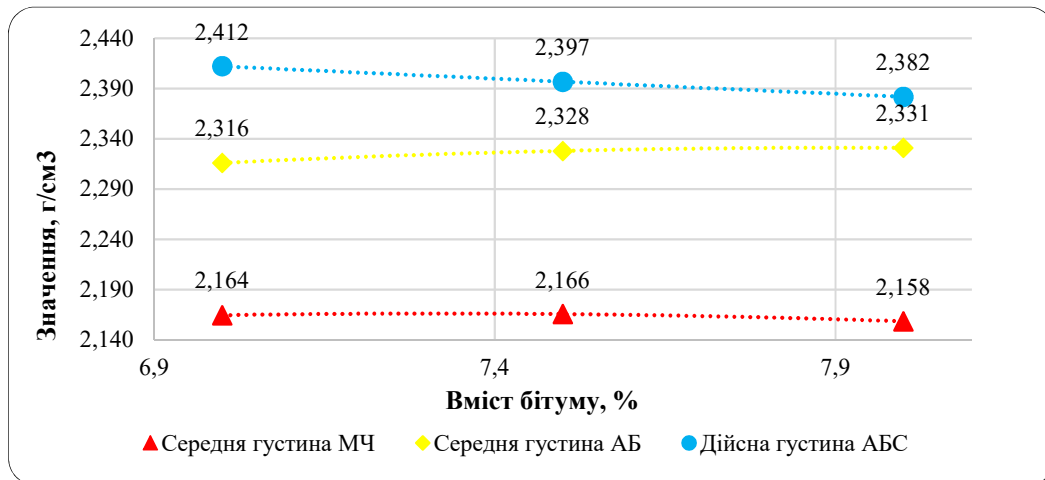


Рисунок 10 — Залежність значень густини від вмісту бітуму

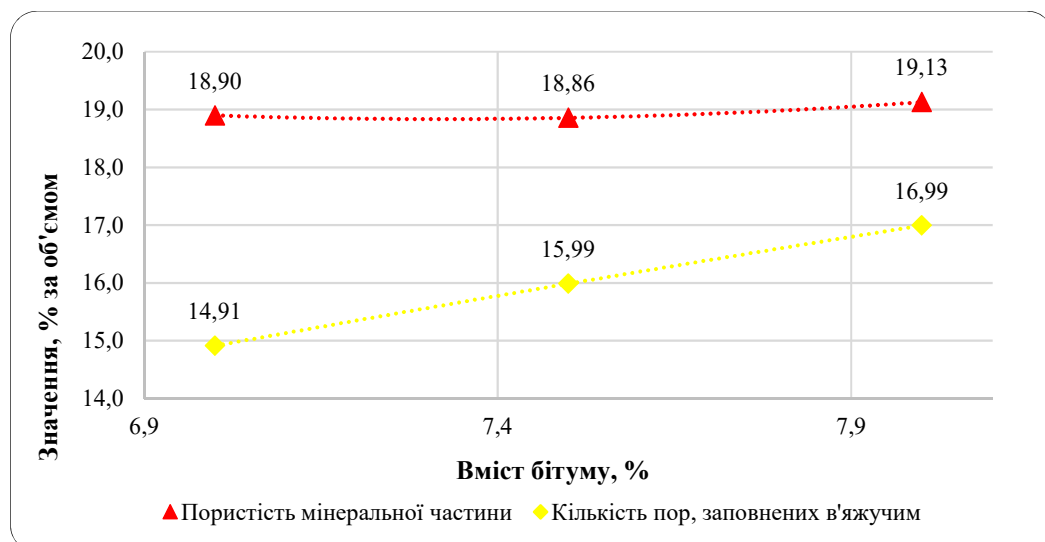


Рисунок 11 — Залежність значень пористості від вмісту бітуму

Результати випробування асфальтобетонів з наповнювачем із кварцитового пилу наведені у табл. 3 і на рис. 12 – 15.

Таблиця 3

Результати випробування асфальтобетонів з наповнювачем із кварцитного пилу

Ч.ч.	Найменування показника	Результати випробування		
1	Середня густина дрібного заповнювача фракції 2 – 5 мм, г/см ³	2,679	2,679	2,679
2	Середня густина дрібного заповнювача фракції 0,071 – 2 мм, г/см ³	2,661	2,661	2,661
3	Очевидна густина мінерального порошку, г/см ³	2,689	2,689	2,689
4	Очевидна густина бітуму, г/см ³	1,016	1,016	1,016
5	Середня густина асфальтобетону, г/см ³	2,316	2,328	2,331
6	Вміст дрібного заповнювача фракції 2 – 5 мм, %	25	25	25
7	Вміст дрібного заповнювача фракції 0,071 – 2 мм, %	63	63	63
8	Вміст наповнювача, %	12	12	12
9	Вміст бітуму (понад 100 %), %	7	7,5	8
10	Вміст бітуму (в 100 %), %	6,540	6,980	7,410
11	Дійсна густина мінеральної частини, г/см ³	2,669	2,669	2,669
12	Середня густина мінеральної частини, г/см ³	2,164	2,166	2,158
13	Дійсна густина суміші, г/см ³	2,412	2,397	2,382
14	Пористість мінеральної частини, % за об'ємом	18,897	18,856	19,128
15	Залишкова пористість, % об'ємом	3,980	2,870	2,130
16	Кількість пор, заповнених в'язучим, % за об'ємом	14,913	15,986	16,995
17	Кількість пор, заповнених в'язучим, %	78,920	84,780	88,850
18	Водонасичення, % об'ємом	2,610	1,450	0,630
19	Пористість мінеральної частини, % за об'ємом (ДСТУ EN)	18,897	18,856	19,128
20	Різниця між залишковою пористістю та водонасиченням, %	1,370	1,420	1,500
21	Міцність за температури 20 °С, МПа	4,080	4,220	4,140
22	Міцність за температури 50 °С, МПа	1,350	1,460	1,490
23	Міцність за температури 20 °С, МПа, (після водонасичення)	3,730	3,840	3,790
24	Коефіцієнт довготривалої водостійкості	0,910	0,910	0,920
25	Коефіцієнт морозостійкості	0,820	0,840	0,850

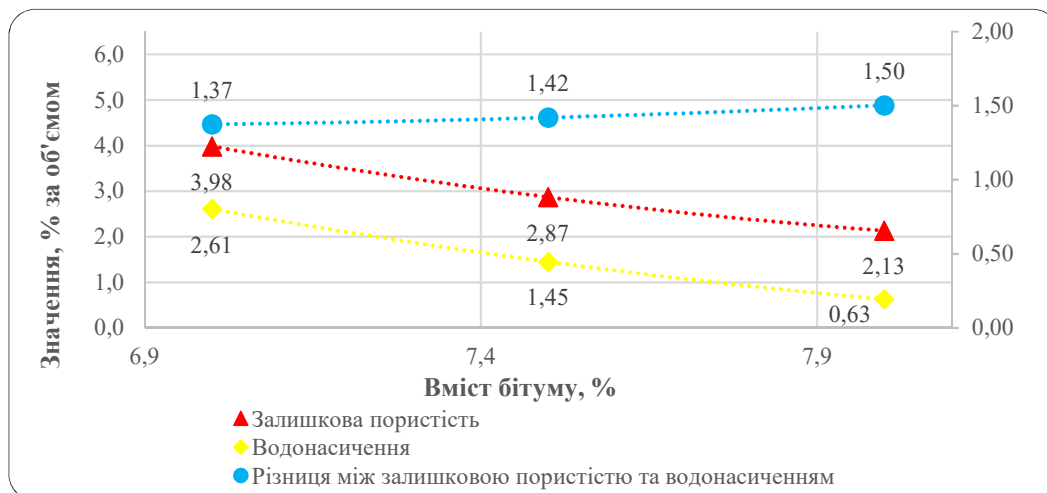


Рисунок 12 — Залежність об'ємних властивостей від вмісту бітуму

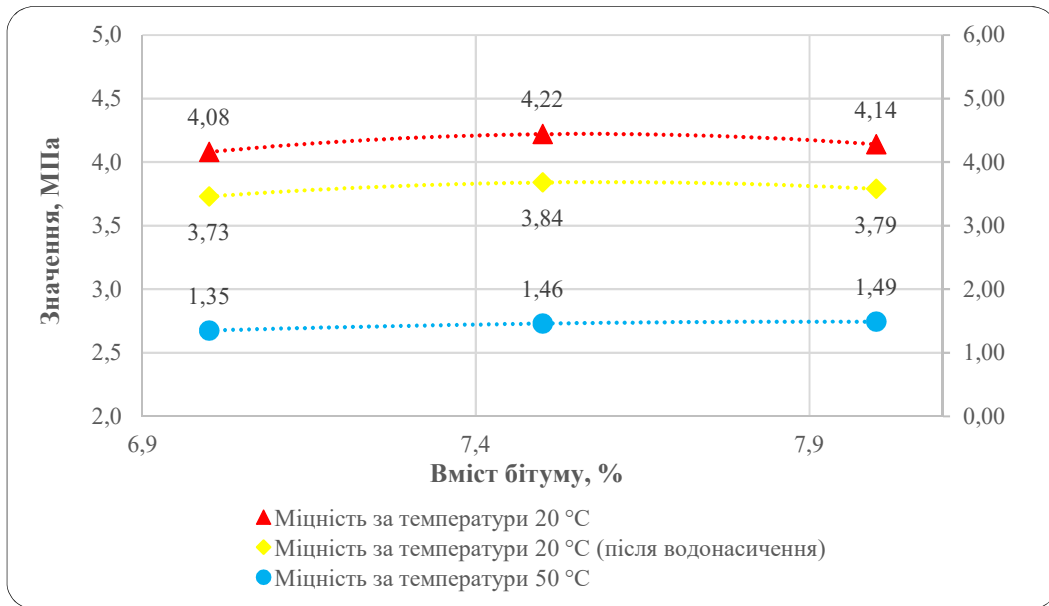


Рисунок 13 — Залежність міцності від вмісту бітуму

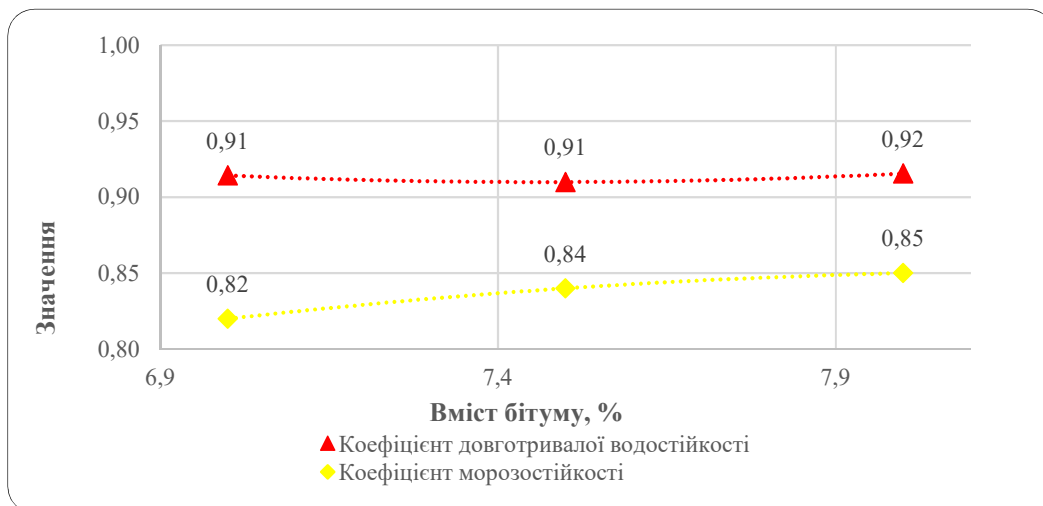


Рисунок 14 — Залежність атмосферостійкості від вмісту бітуму

Результати випробування показали, що із збільшенням вмісту бітуму відбувається поступове зменшення дійсної густини асфальтобетонної суміші та зростання середньої густини асфальтобетону. При цьому, немає чіткої залежності зміни середньої густини мінеральної частини та її пористості від вмісту бітуму, однак існує взаємозв'язок між цими двома показниками. У той же час, поступове збільшення вмісту бітуму призводить до збільшення кількості пор, заповнених в'язким.

Залишкова пористість та водонасичення зменшуються у міру збільшення вмісту бітуму. При цьому існує чітка залежність між даними показниками. Варто зазначити, що при зменшенні кількості залишкових пор в асфальтобетоні, різниця між залишковою пористістю та водонасиченням збільшується, що свідчить про більшу кількість замкнених пор у щільнішому асфальтобетоні.

Вміст бітуму не суттєво впливає на міцність асфальтобетону, його водо- та морозостійкість. У всіх випадках результати випробування знаходяться в межах похибки випробування. При цьому

найбільшою міцністю за температури 20 °C відзначається асфальтобетон з 7,5 % бітуму, а за температури 20 °C — 8,0 %.

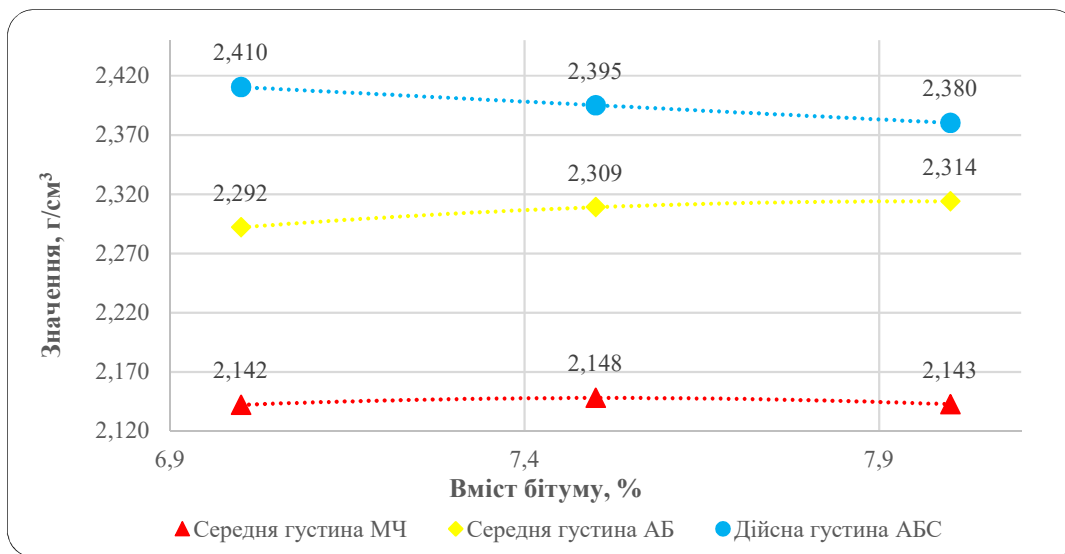


Рисунок 15 — Залежність значень густини від вмісту бітуму

Результати випробування асфальтобетонів з наповнювачем із гранітного пилу наведені у табл. 4 і на рис. 16 – 19.

Таблиця 4

Результати випробування асфальтобетонів з наповнювачем із гранітного пилу

Ч.ч.	Найменування показника	Результати випробування		
1	Середня густина дрібного заповнювача фракції 2 – 5 мм, г/см³	2,679	2,679	2,679
2	Середня густина дрібного заповнювача фракції 0,071 – 2 мм, г/см³	2,661	2,661	2,661
3	Очевидна густина мінерального порошку, г/см³	2,671	2,671	2,671
4	Очевидна густина бітуму, г/см³	1,016	1,016	1,016
5	Середня густина асфальтобетону, г/см³	2,292	2,309	2,314
6	Вміст дрібного заповнювача фракції 2 – 5 мм, %	25	25	25
7	Вміст дрібного заповнювача фракції 0,071 – 2 мм, %	63	63	63
8	Вміст наповнювача, %	12	12	12
9	Вміст бітуму (понад 100 %), %	7	7,5	8
10	Вміст бітуму (в 100 %), %	6,540	6,980	7,410
11	Дійсна густина мінеральної частини, г/см³	2,667	2,667	2,667
12	Середня густина мінеральної частини, г/см³	2,142	2,148	2,143
13	Дійсна густина суміші, г/см³	2,410	2,395	2,380
14	Пористість мінеральної частини, % за об'ємом	19,673	19,454	19,653
15	Залишкова пористість, % об'ємом	4,910	3,600	2,780
16	Кількість пор, заповнених в'язучим, % за об'ємом	14,758	15,856	16,871
17	Кількість пор, заповнених в'язучим, %	75,020	81,500	85,840
18	Водонасичення, % об'ємом	3,620	2,060	1,120

Ч.ч.	Найменування показника	Результати випробування		
19	Пористість мінеральної частини, % за об'ємом (ДСТУ EN)	19,673	19,454	19,653
20	Різниця між залишковою пористістю та водонасичення, %	1,290	1,540	1,660
21	Міцність за температури 20 °С, МПа	3,620	3,810	3,860
22	Міцність за температури 50 °С, МПа	1,250	1,290	1,310
23	Міцність за температури 20 °С, МПа, (після водонасичення)	3,010	3,190	3,260
24	Коефіцієнт довготривалої водостійкості	0,830	0,840	0,840
25	Коефіцієнт морозостійкості	0,690	0,740	0,780

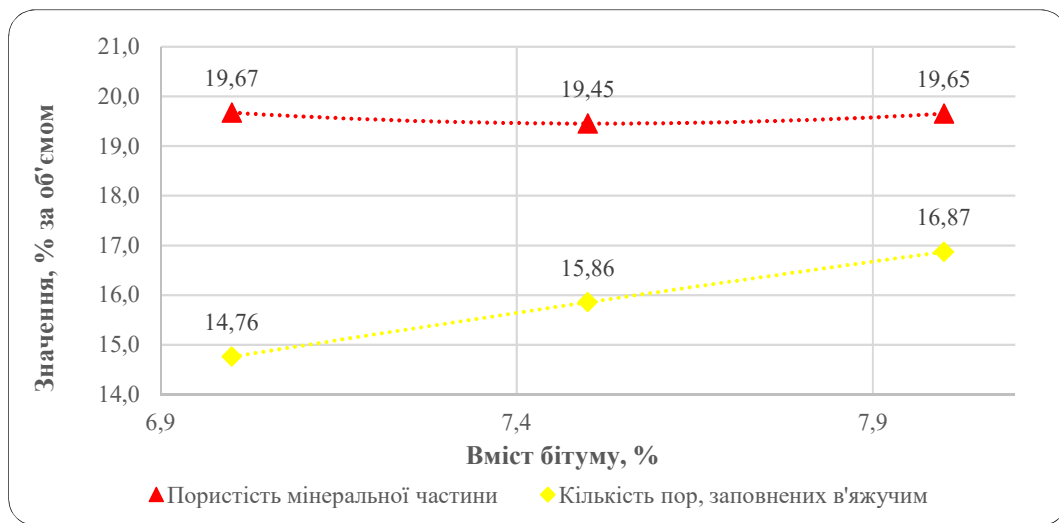


Рисунок 16 — Залежність значень пористості від вмісту бітуму

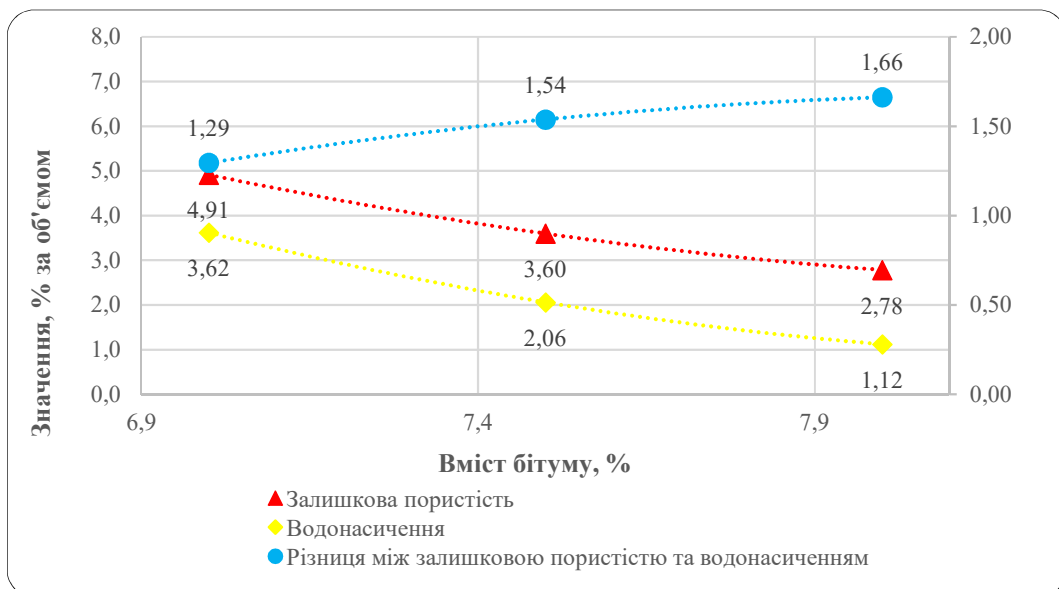


Рисунок 17 — Залежність об'ємних властивостей від вмісту бітуму

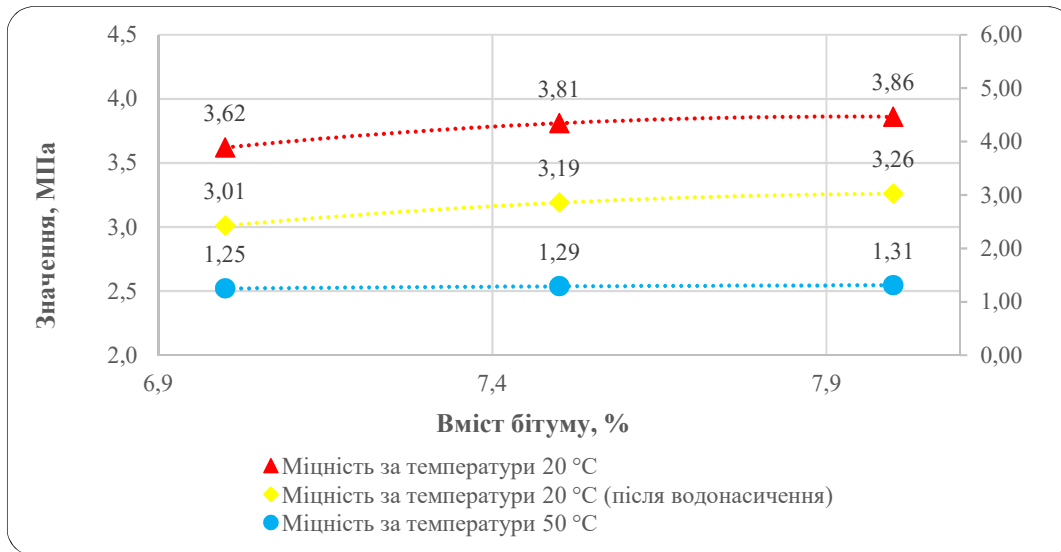


Рисунок 18 — Залежність міцності від вмісту бітуму

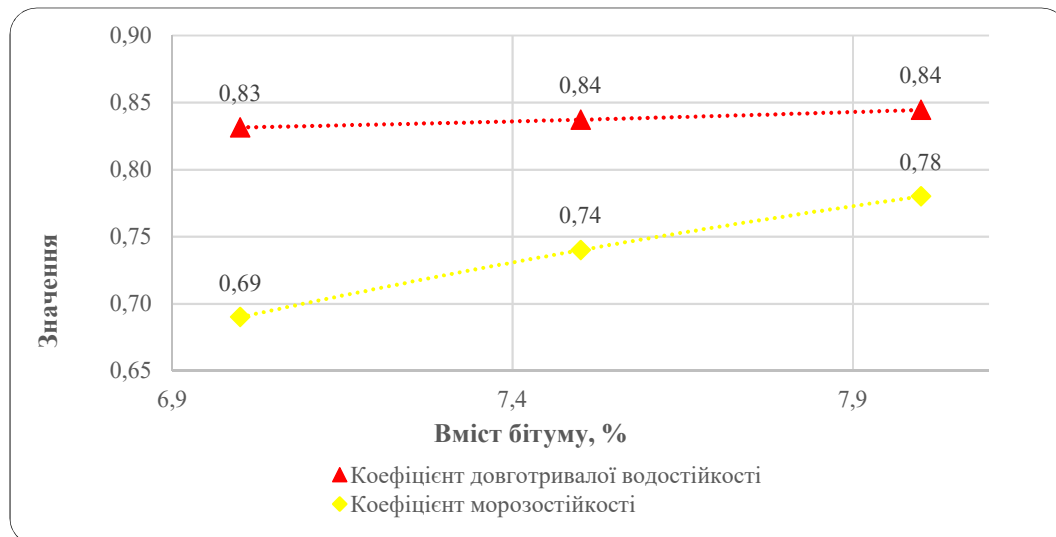


Рисунок 19 — Залежність атмосферостійкості від вмісту бітуму

Висновки

Результати випробування показали, що із збільшенням вмісту бітуму відбувається поступове зменшення дійсної густини асфальтобетонної суміші та зростання середньої густини асфальтобетону. При цьому, немає чіткої залежності зміни середньої густини мінеральної частини та її пористості від вмісту бітуму, однак існує взаємозв'язок між цими двома показниками. У той же час, поступове збільшення вмісту бітуму приводить до збільшення кількості пор, заповнених в'язучим.

Залишкова пористість і водонасичення зменшуються із збільшенням вмісту бітуму. При цьому існує чітка залежність між даними показниками. Варто зазначити, що при зменшенні кількості залишкових пор в асфальтобетоні, різниця між залишковою пористістю та водонасиченням збільшується, що свідчить про більшу кількість замкнутих пор у щільнішому асфальтобетоні.

Вміст бітуму не суттєво впливає на міцність асфальтобетону та його водостійкість. У всіх випадках результати випробування знаходяться в межах похибки випробування. При цьому найбільшою відзначається асфальтобетон 8,0 % бітуму.

Вміст бітуму має значний вплив на морозостійкість асфальтобетону. Із збільшенням вмісту бітуму від 7,0 % до 8,0 % коефіцієнт морозостійкості зростає з 0,69 до 0,78.

Встановлено, що тип наповнювача практично не впливає на закономірності зміни об'ємних властивостей асфальтобетону, а також міцності. При цьому, найбільшою щільністю відзначається асфальтобетон з наповнювачем із кварциту ($2,316 \text{ г/см}^3 - 2,331 \text{ г/см}^3$), а найменшою — з наповнювачем із граніту ($2,292 \text{ г/см}^3 - 2,314 \text{ г/см}^3$).

У той же час, найменшою залишковою пористістю відзначається асфальтобетон з наповнювачем із вапняку (3,94 % за об'ємом – 2,05 % за об'ємом), а найменшою — з наповнювачем із граніту (4,91 % за об'ємом – 2,78 % за об'ємом). Відповідна тенденція має місце і для водонасичення асфальтобетону.

Міцність асфальтобетону за температури 20 °C та 50 °C також є найбільшою для асфальтобетону з наповнювачем із вапняку, а найменшою — для асфальтобетону з наповнювачем із граніту.

Найбільш суттєвим виявився вплив типу наповнювача на водо- та морозостійкість асфальтобетонів. Так, коефіцієнт довготривалої водостійкості для асфальтобетону з наповнювачем із вапняку залежно від вмісту бітуму становить 0,93 – 0,94, для асфальтобетону з наповнювачем із золи-винесення — 0,89 – 0,92, для асфальтобетону з наповнювачем із кварциту — 0,82 – 0,85, а для асфальтобетону з наповнювачем із граніту — 0,83 – 0,84. Коефіцієнт морозостійкості відповідно становить 0,85 – 0,86; 0,81 – 0,87; 0,82 – 0,85 та 0,69 – 0,78. У випадку наповнювача із вапняку та граніту такі результати можуть бути пов'язані з спорідненістю бітуму на вапняку. Вважається, що між основними гірськими породами та бітумом забезпечується висока зчеплюваність, а з кислими гірськими породами та бітумом навпаки — низька зчеплюваність. Однак у такому випадку нелогічними є результати визначення водо- та морозостійкості асфальтобетону з наповнювачем із кварциту, оскільки даний матеріал на 98 % складається з SiO_2 , у той же час асфальтобетон має достатньо високу водо- та морозостійкість.

Таким чином, всі досліджувані наповнювачі може бути використано для виробництва асфальтобетонних сумішей, однак у певних випадках необхідно вживати заходи з підвищення водостійкості асфальтобетону шляхом використання добавок на основі поверхнево-активних речовин або ж використовувати дані наповнювачі в суміші із наповнювачем із вапняку або інших осадових карбонатних гірських порід.

Використання в дорожньому будівництві досліджених наповнювачів із вторинних продуктів промисловості дозволить зменшити видобуток кондиційних природних матеріалів і зменшити шкідливий вплив вторинних продуктів промисловості на довкілля.

Список літератури

1. Пиріг Я. І. Методи оцінки адгезії та когезії бітумних в'язучих. Харків, 2019. 224 с.
2. Золотарьов В. О. Дорожні бітумні в'язучі та асфальтобетони. Частина 2. *Дорожні асфальтобетони*. Харків, 2016. 204 с.
3. Grönniger J., Wistuba M.P., Cannone Falchetto A. Reuse of Linz–Donawitz (LD) slag in asphalt mixtures for pavement application. *Proceedings of the Interantional Conference on Industrial Wasted and Wastewater Treatment & Valorization*, Athens. 2015. P. 21–23.
4. ДСТУ Б В.2.7-319:2016 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Методи випробувань. Київ, 2026. 56 с. (Інформація та документація).

References

1. Pyrih Ya. I. Metody otsinky adhezii ta kohezii bitumnykh v'iazhuchykh (. Methods of assessing adhesion and cohesion of bituminous binders). Kharkiv, 2019. 224 p. [in Ukrainian].

2. Zolotarov V. O. Dorozhni bitumni viazhuchi ta asfaltobetony. Chastyna 2. *Dorozhni asfaltobetony* (Road bituminous binders and asphalt concretes. Part 2. Road asphalt concrete). Kharkiv, 2016. 204 p. [in Ukrainian].
 3. Grönniger J., Wistuba M. P., Cannone Falchetto A. Reuse of Linz–Donawitz (LD) slag in asphalt mixtures for pavement application. *Proceedings of the International Conference on Industrial Wasted and Wastewater Treatment & Valorization*, Athens. 2015. P. 21–23 [in English].
 4. DSTU B V.2.7-319:2016 Sumishi asfaltobetonni i asfaltobeton dorozhnii ta aerodromnyi. Metody vyprobuvan (Asphalt concrete mixtures and road and airfield asphalt concrete). Kyiv, 2026. 56 p. (Informatsiia ta dokumentatsiia) [in Ukrainian].
-

Oleksii Sokolov, Ph.D., <https://orcid.org/0000-0002-4694-9647>

State Enterprise “National Institute for Development Infrastructure” (SE “NIDI”), Kyiv, Ukraine

RESEARCH ON THE IMPACT OF VARIOUS FILLERS ON THE WEATHER RESISTANCE OF ASPHALT CONCRETE

Abstract

Introduction. The properties of bituminous-mineral materials are determined by the bonds formed between individual mineral grains and depend on the characteristics of the bitumen, the thickness of the bitumen layer covering the mineral grains, as well as the interaction processes between the mineral materials and bitumen at their joint interface. To ensure a strong and stable bond between the grains, the bitumen must evenly cover the surface of the mineral materials with a thin layer. To improve the strength of road pavement made from bituminous-mineral material, it is necessary for the maximum amount of bitumen to be adsorbed by the mineral material, minimizing the content of free bitumen.

Problem Statement. Depending on the nature of the mineral material and the chemical composition of the bitumen, the properties of its thin layers change in various ways. On an active mineral surface, the strength of the bitumen in a thin layer increases as the thickness decreases, while on an inactive surface, the strength of the bitumen remains largely unchanged with a decrease in layer thickness.

Objective. This research is aimed at determining the impact of fillers of different origins on the volumetric properties of asphalt concrete and its mechanical properties, as well as its weather resistance.

Materials and Methods. For the study, mineral powder from limestone, granite, quartzite, and fly ash was used.

Results. The test results showed that as the bitumen content increases, the actual density of the asphalt concrete mixture gradually decreases, while the average density of the asphalt concrete increases. At the same time, there is no clear relationship between changes in the average density of the mineral part and its porosity depending on the bitumen content, though a correlation exists between these two indicators. Simultaneously, the gradual increase in bitumen content leads to an increase in the number of pores filled with binder.

Conclusions. All the tested fillers can be used for asphalt concrete production, but in certain cases, measures need to be taken to improve the water resistance of the asphalt concrete, such as using additives based on surfactants or combining these fillers with limestone or other sedimentary carbonate rocks.

The use of the materials studied in road construction will reduce the extraction of standard natural materials and decrease the negative environmental impact of waste.

Keywords: asphalt concrete, weather resistance, bitumen, water resistance, mechanical properties, frost resistance, filler, volumetric properties.