

ВПЛИВ ПРИРОДНИХ БІТУМІВ НА ВЛАСТИВОСТІ БІТУМІВ ТА АСФАЛЬТОБЕТОНІВ

Кіщинський С.В.,

Кириченко Л.Ф.,

Копинець І.В.

Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна

Україна є однією з найбільших європейських держав, однак за якістю та довжиною мережі автомобільних доріг, що припадає на одиницю території, вона значно поступається багатьом з них. Рівень економічного та культурного розвитку будь-якої держави характеризує саме густина та якість автомобільних доріг. Для реалізації України як розвинутої європейської держави необхідно збільшити обсяги будівництва нових автомобільних доріг, які б відповідали сучасним умовам експлуатації, та здійснити заходи із забезпечення відповідності стану існуючої мережі автомобільних доріг вимогам сучасного автомобільного руху.

Неможливість здійснення згаданих умов пов'язана не лише з нестачею фінансових ресурсів, але і з проблемами, обумовленими властивостями такого будівельного матеріалу як нафтовий бітум. Сучасні нафтові бітуми вже нездатні повністю забезпечити підвищені вимоги до транспортно-експлуатаційних характеристик асфальтобетонних покриттів, що пов'язані із зростанням швидкостей руху та збільшенням кількості важких і надважких вантажних автомобілів у складі руху на магістральних дорогах. Фактично спостерігається вичерпання можливостей нафтових бітумів як в'язучих для асфальтобетону. Як результат, скорочуються терміни служби дорожніх асфальтобетонних покриттів, відбувається їх передчасне руйнування внаслідок інтенсивного розвитку пошкоджень у вигляді колій, пластичних деформацій, лущення, тріщин, вибоїн та ін.

Агресивна дія сучасних умов довкілля, техногенні і кліматичні чинники також істотно впливають на довговічність бітумів та асфальтобетонних покриттів.

В зв'язку з цим особливого значення набуває створення нових комплексних в'язучих, які б відзначалися підвищеним опором дії транспортним навантаженням та погодних умов. Існує декілька напрямків вирішення даного питання. Одним з них є використання полімерів, які надають в'язучим еластичності, підвищують їх температурний інтервал працездатності, тріщино- та теплостійкість [1-3]. Приготування полімербітумних в'язних здійснюється на спеціальному технологічному обладнанні при високих температурах та інтенсивному перемішуванні. Неукомплектованість дорожніх господарств спеціальним обладнанням для приготування полімербітумних в'язучих та висока вартість полімерів є головними причинами, що стримують широке застосування модифікованих бітумів.

Більш економічним способом поліпшення властивостей бітумів є використання природних бітумів, що дозволяє покращити властивості асфальтобетонів та зменшити витрати нафтового бітуму.

Природні бітуми є продуктом, що утворився з нафти у верхніх шарах земної кори внаслідок повільного випаровування з неї легких і середніх фракцій, природної деасфальтизації нафти, а також процесів взаємодії її компонентів з киснем та сіркою [4].

Природні бітуми мають різну консистенцію - від твердої до рідкої. Тверді природні бітуми називають асфальтитами, в'язкі природні бітуми - природними асфальтами. Рідкі природні

бітуми - мальти є в'язкою рідиною, повністю розчинною в органічних розчинниках. До мальт відносять також важкі смолисті нафти.

Асфальтити містять менше 25 % масел або більше 75 % смолисто-асфальтенових речовин. В залежності від співвідношень в груповому складі асфальтити поділяють на дві групи - грегеміти та гільсоніти. Грегеміти в порівнянні з гільсонітами містять менше водню і більше кисню. Вони багатші ніж гільсоніти асфальтенами, але містять менше смол. Гільсоніти за елементним і груповим складом ближче до в'язких бітумів - асфальтів, ніж грегеміти.

До твердих бітумів віднесені також кірити - речовини, що частково розчинні в органічних розчинниках та плавляться з розкладанням.

В'язкі природні бітуми містять 26-40 % масел та відповідно 60-75 % асфальто-смолистих речовин. В'язкі природні бітуми можуть значно розрізнятися за вмістом асфальтенів - від 10-16 % до 46-60 %. Асфальти з малим вмістом асфальтенів і відповідно з високим вмістом смол та масел наближаються за властивостями до мальт.

Асфальтити та асфальти, як правило, містять мінеральні домішки, в окремих випадках вони можуть становити до 50 %.

Мальти - рідкі природні бітуми - містять масел більше 40 % і відповідно менше 60 % асфальто-смолистих речовин. Елементний склад близький до складу в'язких штучних бітумів.

Великі запаси природних бітумів містяться у складі бітумовмістких порід. Ці породи представлені головним чином пісками, піщаниками, вапняками, доломітами. Вміст природного бітуму в пісках і піщаниках, тобто в уламкових осадових породах може досягати 50 % і більше.

За геологічними умовами залягання родовища природних бітумів поділяють на пластові: бітумінозні вапняки, доломіти і піщаники (так звані «бітумінозні породи»); жильні; поверхневі: «асфальтові озера», кірові потоки, бітумінозні піски.

Пластові родовища являють собою породи, які просочені або зв'язані бітумом, що міститься в них у кількості від 5 до 20 %; температура розм'якшення його може досягати 100-110 °C і вище. Жильні родовища містять зазвичай незначну кількість мінеральних домішок. В'язуче, частіше всього асфальтити, має температуру розм'якшення вище 100 °C. Поверхневі родовища утворюються в результаті поступового виходу бітумів на поверхню.

Проведені дослідження та виробнича практика дозволили визначити основні способи використання природних бітумів і бітумовмістких порід в дорожньому будівництві.

Природні тверді бітуми (асфальтити) використовують як у чистому вигляді, так і з домішками мінеральних речовин (зольні асфальтити) після пластифікації (розрідження) до необхідної температури розм'якшення. Як пластифікатори можна застосовувати всі нафтові фракції, що містять переважну більшість ароматичних вуглеводнів і мають відповідну температуру початку кипіння. Для пластифікації сповна придатні масла кам'яновугільного походження (наприклад, антраценове масло). Можуть бути використані також нафтові гудрони та важкі смолисті нафти.

Асфальтити і, зокрема, гільсоніти відрізняються високою погодостійкістю. Введення асфальтиту в нафтовий дорожній бітум або в гудрон підвищує погодостійкість дорожнього бітуму, покращує його адгезійні властивості завдяки високому вмісту в природному бітумі поверхнево-активних речовин - асфальтогенових кислот та їх ангідридів. Завдяки цим властивостям матеріал може бути рекомендований для влаштування шорстких покриттів і поверхневих обробок з забезпеченням задовільного зчеплення щебеню із в'язучим та високої погодостійкості поверхневого шару. Таке в'язуче може бути використане і для литого асфальту.

Природний асфальтит містить деяку кількість мінеральних домішок, що додають йому більшої стійкості до теплових і механічних впливів.

В'язкі природні бітуми (тринідадський і венесуельський озерний) за кордоном використовують як добавки до нафтових бітумів для поліпшення якості дорожніх покриттів, особливо для влаштування доріг з литого асфальту та для шорстких поверхневих обробок.

Тринідадський асфальт підвищує тепло- та зсувостійкість асфальтобетону. Серед інших властивостей тринідадбітуму слід відзначити його високу стійкість до атмосферної дії. Позитивні властивості тринідадбітуму можна пояснити його особливими структурними зв'язками з колоїдно-диспергованими частками мінеральних домішок (у природному вигляді), серед яких є і глинисті частки. Штучним шляхом на сьогодні не вдалося створити подібного матеріалу.

В Англії для дорожнього будівництва щорічно використовували 45-50 тис. т тринідадасфальту та 10-25 тис. т для цивільного та промислового будівництва. Покриття, що влаштовані з використанням тринідадбітуму, в Лондоні служать більше 60 років.

Введення в'язких та твердих природних бітумів збагачує окислені штучні бітуми смолисто-ароматичною фракцією, якої в них не вистачає. Поряд з підвищенням теплостійкості та поліпшенням адгезійної здатності, це надає в'язучим певної еластичності. Одночасно з цим зберігаються пластичні властивості бітумів при низьких температурах, про що свідчать поліпшено низькотемпературні характеристики компаундованих бітумів в порівнянні з окисленими бітумами однакової пенетрації при 25 °С. Часткова заміна штучних бітумів асфальтами або асфальтитами підвищує міцність, тепло- та водостійкість асфальтобетонів і, як наслідок, збільшує довговічність дорожніх покриттів.

Рідкі природні бітуми - мальти та важкі смолисті нафти можуть бути використані для пластифікації твердих бітумів, зміцнення ґрунтів і маломіцних кам'яних матеріалів, влаштування основ.

Використання природного бітуму дозволяє економити до 30 % бітуму нафтового дорожнього в'язного.

З метою встановлення можливості використання природних бітумів для покращання властивостей вітчизняних бітумів та асфальтобетонів були проведені дослідження впливу природних бітумів на їх властивості.

Для проведення досліджень використовувались такі матеріали: кам'яні матеріали Малинського спецкар'єру; вапняковий мінеральний порошок; бітум марки БНД 90/130 Мозирського НПЗ; природні бітуми типу гільсоніт з родовищ Кераншах (Іран), Юта (США) та Зеленица (Албанія); природний бітум типу асфальтів з родовища озера Тринідад (Trinidad Epure Z 0/8).

При дослідженні впливу природного бітуму на властивості штучних бітумів він вводився у бітум в кількості 5, 10 та 15 %. Суміщення відбувалося за температури 195-200 °С протягом 2 годин при постійному перемішуванні компонентів. Результати випробувань наведено в табл. 1 та рис. 1-3.

При введенні природних бітумів типу гільсоніт і асфальт у штучний дорожній бітум збільшується в'язкість останнього (пенетрація при 25 °С знижується на 24-69-0,1 мм).

Природні бітуми в різній мірі підвищують теплостійкість в'язучих. Якщо при введенні гільсоніту з родовищ Кераншах, Зеленица та Юта температура розм'якшення підвищується на 3-18 °С, то при введенні Trinidad Epure Z 0/8 – лише на 2-3 °С.

Таблиця 1 – Фізико-механічні характеристики вихідного бітуму та бітумів, що вміщують природний бітум

Найменування показників	Результати випробувань бітуму Мозирського НПЗ															
	без добавки	з природним бітумом Керансах, %			з природним бітумом Юта, %			з природним бітумом Зеленіца, %			з природним бітумом Trinidad Epure Z 0/8, %					
		5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15			
1 Глибина проникнення голки (пенетрація), 0,1 мм: при 25 °С при 0 °С	0	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15
2 Температура розм'якшеності за кільцем і кулею, (КіК), °С	46	51	56	61	53	58	64	49	52	56	48	49	49	49	49	49
3 Розтяжність (дуктильність), см: при 0 °С при 25 °С	5,0 94	3,3 25	1 12	0,2 7	3,5 46	0,4 28	1,0 9,5	4,0 40	3,1 26	0,6 17	4,0 65	0,6 51	4,0 40	4,0 40	4,0 40	4,0 40
4 Еластичність, %	–	30	25	30	20	27	35	15	17	22	13	14	13	13	14	13
5 Зміна властивостей після прогрівання: 5.1 зміна маси після прогрівання, % 5.2 залишкова пенетрація, % 5.3 зміна температури розм'якшення, °С.	0,6 76 3	– 71 6	– 72 4	– 73 4	0,51 94 2	0,37 93 5	0,18 93 4	0,5 78 3	0,3 79 3	0,2 82 4	0,3 76 3	0,28 79 3,6	0,28 79 3,6	0,28 79 3,6	0,28 79 3,6	0,28 79 3,6
6 Зчеплення з гранітним щебенем, %	20	90	95	98	45	80	90	60	95	90	40	60	90	40	60	80

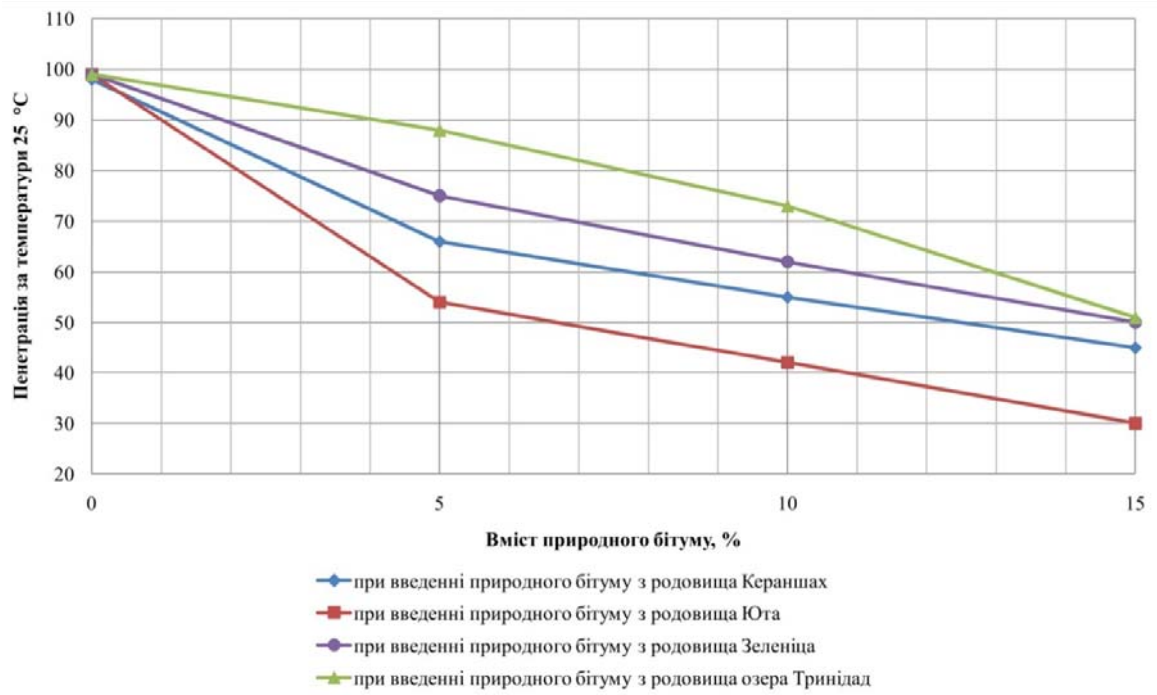


Рис. 1. Залежність пенетрації від вмісту природного бітуму

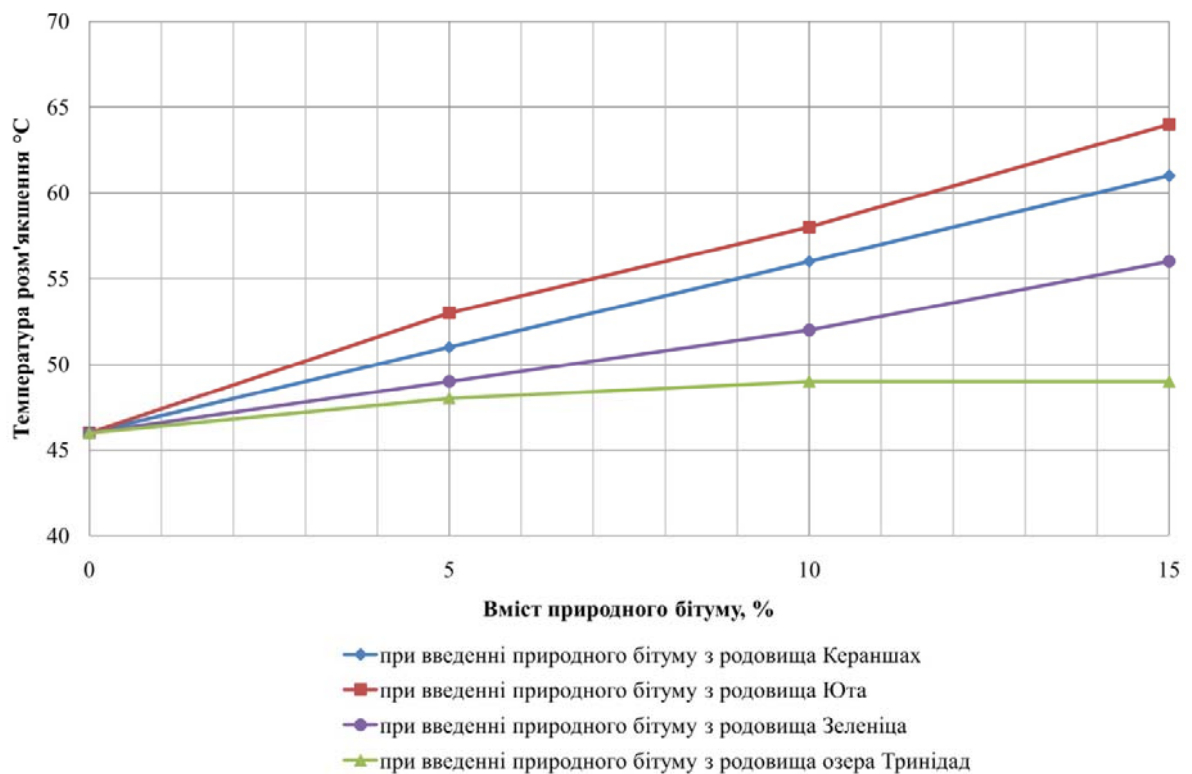


Рис. 2. Залежність температури розм'якшення від вмісту природного бітуму

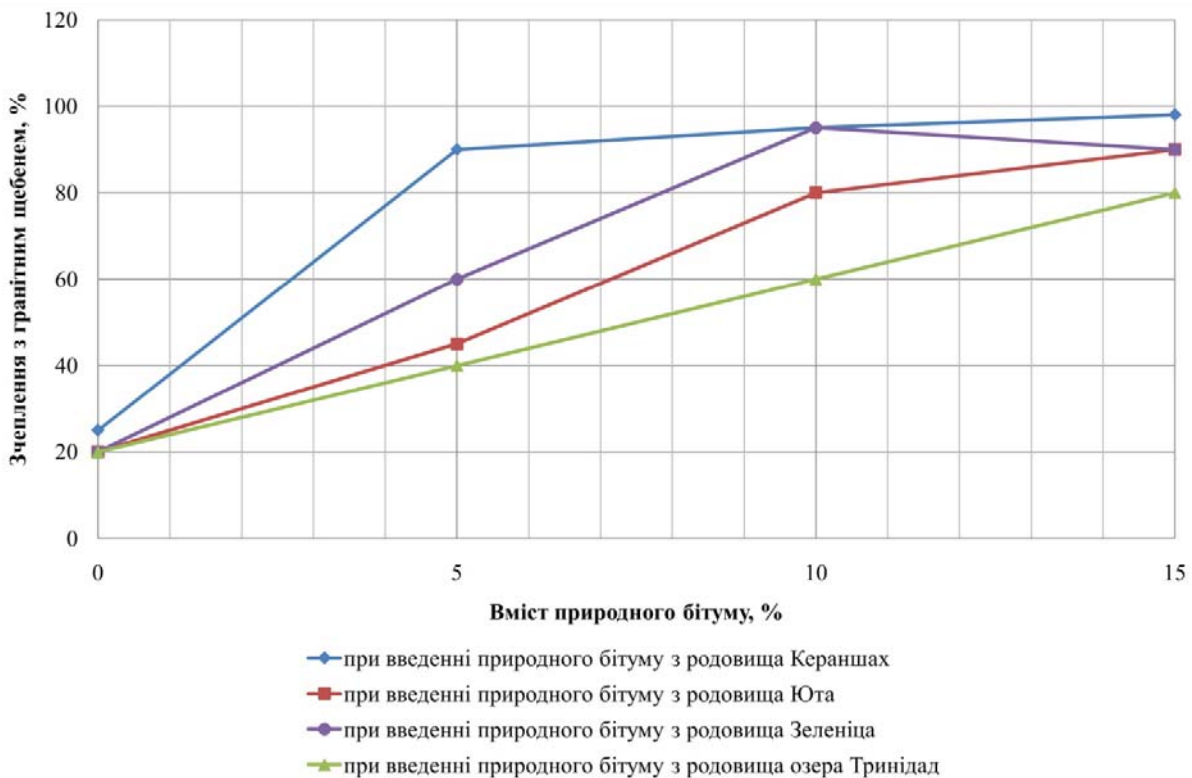


Рис. 3. Залежність зчеплення бітуму з гранітним щебенем від вмісту природного бітуму

Введення природних бітумів знижує розтяжність бітуму при 25 °С. При цьому Trinidad Epure Z 0/8 на відміну від гільсонітів Кераншах Юта та Зелениця, забезпечує більш високі показники розтяжності модифікованого ним бітуму. Природні бітуми надають штучному дорожньому бітуму певної еластичності (до 35 %).

Гільсоніти з родовищ Зелениця та Кераншах виявляють більший вплив на адгезійну здатність бітуму. Для досягнення достатніх показників зчеплення необхідно вводити лише 5 % гільсонітів Зелениця та Кераншах, в той час як гільсонітів Юта та Trinidad Epure Z 0/8 – не менше 10 %.

При проведенні досліджень визначали властивості гарячого дрібнозернистого асфальтобетону АБ.Др.Щ.Б.НП.І ДСТУ Б В.2.7-119 такого зернового складу: щебінь фракції 5-10 – 35 %; пісок із відсівів подрібнення – 58 %; мінеральний порошок – 7 %. Оптимальний вміст бітуму склав 6,0 %.

Приготування асфальтобетону здійснювалось з дотриманням стандартної послідовності технологічних операцій згідно з 4, 5 та 6 ДСТУ Б В.2.7-89 (ГОСТ 12801) «Матеріали на основі органічних в'язучих для дорожнього і аеродромного будівництва. Методи випробувань». Температури нагрівання матеріалів при приготуванні асфальтобетону в лабораторних умовах становили: для щебеню, піску та мінерального порошку – 170-175 °С, бітуму – 140-145 °С. Суміш ущільнювалась за температури 150-155 °С.

В зв'язку з тим, що природні бітуми з родовищ Кераншах, Зелениця та озера Тринідад містять певну кількість мінеральних частинок (до 47 %), які мають властивість осідати у в'язучому, введення вказаних природних бітумів виконувалось безпосередньо в мінеральний матеріал.

Природний бітум з родовища Юта містить менше 1 % мінеральних частинок. Тому він вводився як у нафтовий бітум, так і безпосередньо в мінеральний матеріал.

Таким чином приготування асфальтобетонних сумішей з природним бітумом здійснювалось за двома технологічними схемами:

Природний бітум вводився у нафтовий бітум, після чого отримане в'язуче за стандартною технологією перемішувалось з мінеральним матеріалом.

Природний бітум вводився безпосередньо в асфальтобетонну суміш. В цьому випадку він перемішувався з гарячим мінеральним матеріалом («сухе перемішування»), після чого виконувалось перемішування матеріалів з бітумом («мокре перемішування») до повного обволікання бітумом усіх мінеральних частинок.

Використання природних бітумів при приготуванні асфальтобетонних сумішей дозволяє підвищити міцність асфальтобетону на стиск та підвищити коефіцієнти водостійкості і тривалої водостійкості (табл. 2, рис. 4-6).

Міцність асфальтобетону на стиск за температури 0 °С підвищується в 1,1-2,1 рази, при 20 °С – в 1,1-2,4 рази та при 50 °С - в 1,2-3,1 рази. Слід зазначити, що найбільш інтенсивно міцносні характеристики асфальтобетону зростають при введенні природного бітуму типу гільсоніт з родовища Юта, що імовірно пов'язано з малим вмістом в ньому баластних мінеральних частинок. Він також забезпечує і високі показники водостійкості та тривалої водостійкості. Разом з цим слід звернути увагу на те, що при значному вмісті цього природного бітуму (до 30 % від маси бітуму) асфальтобетон стає жорстким і за показником міцності на стиск при 0 °С не відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-119-2003. В той же час міцносні характеристики асфальтобетону при введенні гільсоніту Юта безпосередньо в суміш зростають менше, ніж при попередньому введенні його у бітум. Найбільш м'яко діє менш в'язкий природний бітум типу асфальтів з родовища озера Тринідад, що пов'язано з його меншою теплостійкістю (температура розм'якшення на 45-108 °С нижче температури розм'якшення інших природних бітумів) та значним вмістом мінеральної частини. Природні бітуми з родовищ Кераншах та Зеленіца займають проміжне положення.

Поряд із приростом міцності дещо зростає водонасичення асфальтобетону. Введення 15 % Trinidad Epure Z 0/8 призводить до незначного збільшення водонасичення (з 1,0 до 1,1 %), при введенні такої ж кількості природного бітуму з родовища Юта водонасичення становить 1,4 %.

Природні бітуми покращують адгезію бітуму до мінерального матеріалу, про що свідчить зростання коефіцієнту водостійкості та тривалої водостійкості. При введенні 15 % природного бітуму з родовища Кераншах коефіцієнти водостійкості та тривалої водостійкості зростають з 0,90 до 0,94 та з 0,89 до 0,90, відповідно; з родовища Юта – з 0,91 до 0,95 та з 0,86 до 0,92; з родовища Зеленіца – з 0,91 до 0,97 та з 0,86 до 0,94; з родовища озера Тринідад - з 0,91 до 0,99 та з 0,86 до 0,93. При введенні 50 % Trinidad Epure Z 0/8 коефіцієнт тривалої водостійкості асфальтобетону знижується, імовірно внаслідок присутності в природному бітумі глинистих частинок.

Таблиця 2 – Фізико-механічні характеристики вихідн их асфальтобетонів та асфальтобетонів, що вміщують природний бітум

Ч.ч	Назва показника	Результати випробувань асфальтобетону																	
		при вмісті бітуму, % за масою		з вмістом бітуму 6,0 %, при безпосередньому введенні гільсоніту Кераншах в суміш, %			з загальним вмістом в'язучого 6,0 %, при попередньому суміщенні 15 % гільсоніту Юга з бітумом			з загальним вмістом в'язучого 6,0 %, при безпосередньому введенні									
		5,5	6,0	0,3* 4	0,9 12	3,0 37	5	6	7	8	9	15	1,8 30	0,9 12	1,8 24	0,9 8	1,5 13,5	3,0 27	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15					
1	Густина, г/см ³	2,37	2,38	2,38	2,38	2,38	2,38	2,38	2,37	2,34	2,38	2,37	2,38	2,37	2,38	2,38	2,37	2,37	
2	Водонасичення, % за об'ємом	2,6	1,0	1,2	1,3	1,0	0,9	1,4	2,9	1,2	1,6	1,1	1,1	1,6	1,1	1,1	1,1	1,6	
3	Набрякання, % за об'ємом	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	
4	Міцність при стиску, МПа за температури: 0 °С 20 °С 50 °С	6,4 2,7 0,9	5,8 2,9 1,0	6,1 3,2 1,2	6,4 3,8 1,5	8,7 5,0 2,0	10,4 5,2 2,4	8,8 3,9 2,0	12,5 6,9 3,1	7,6 3,8 1,4	9,9 5,0 2,0	7,0 3,2 1,3	8,1 4,1 1,5	10,5 5,1 1,7					
5	Коефіцієнт водостійкості	0,89	0,91	0,93	0,99	0,98	0,95	0,95	0,88	0,97	0,98	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
6	Коефіцієнт тривалості водостійкості	0,82	0,86	0,92	0,98	0,96	0,93	0,92	0,8	0,94	0,94	0,93	0,95	0,76	0,93	0,95	0,76	0,93	0,76

* в чисельнику – вміст природного бітуму, % від маси мінерального матеріалу, в знаменнику – вміст в'язучого з природного бітуму, % від маси бітуму

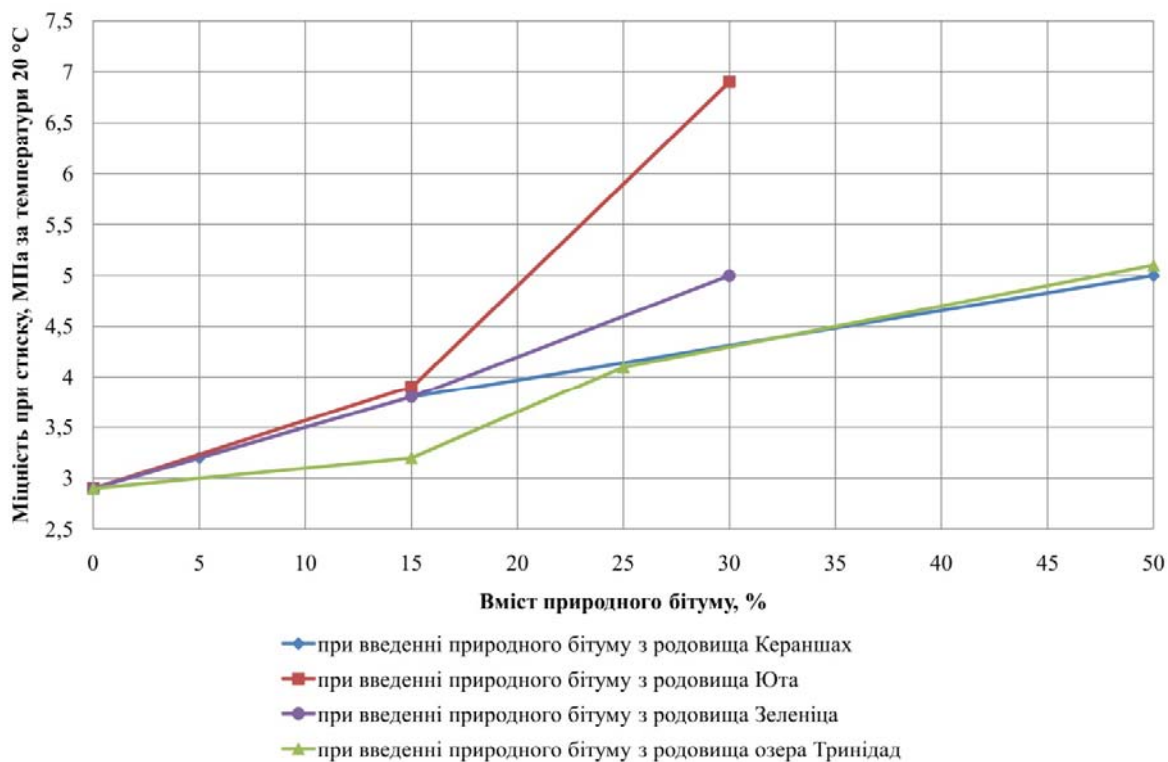


Рис. 4. Залежність міцності асфальтобетону на стиск за температури 20 °С від вмісту природного бітуму

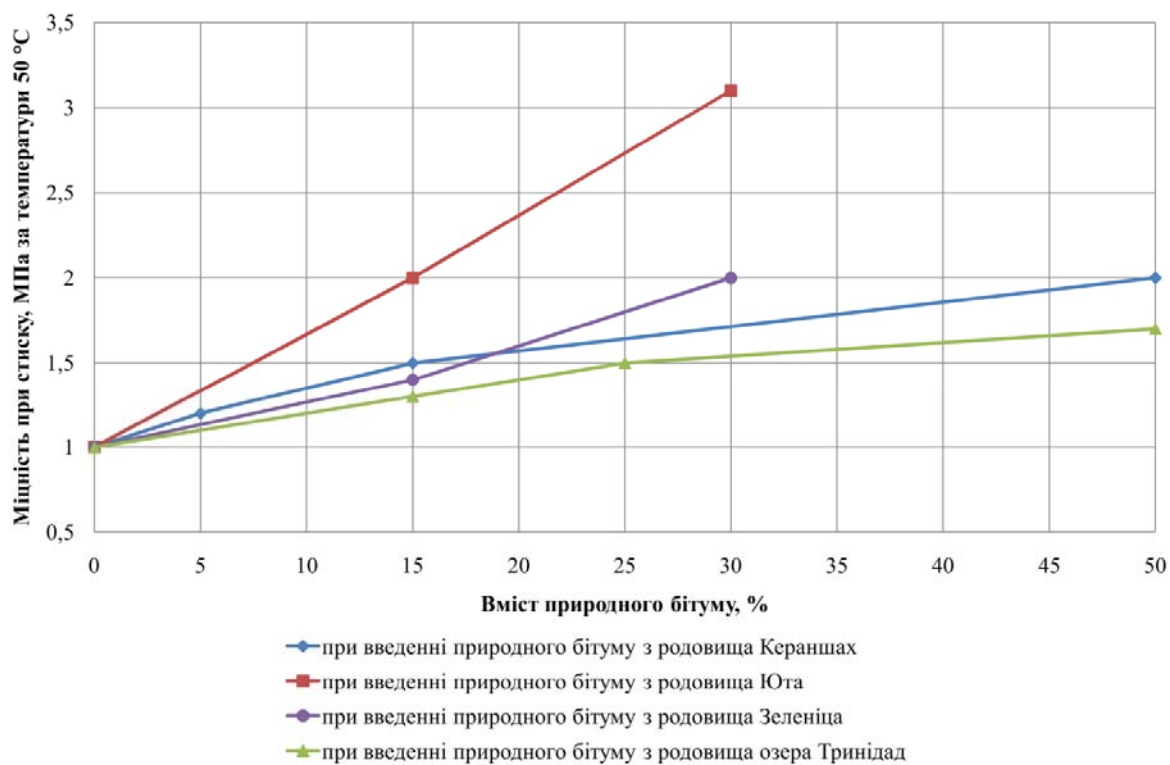


Рис. 5. Залежність міцності асфальтобетону на стиск за температури 50 °С від вмісту природного бітуму

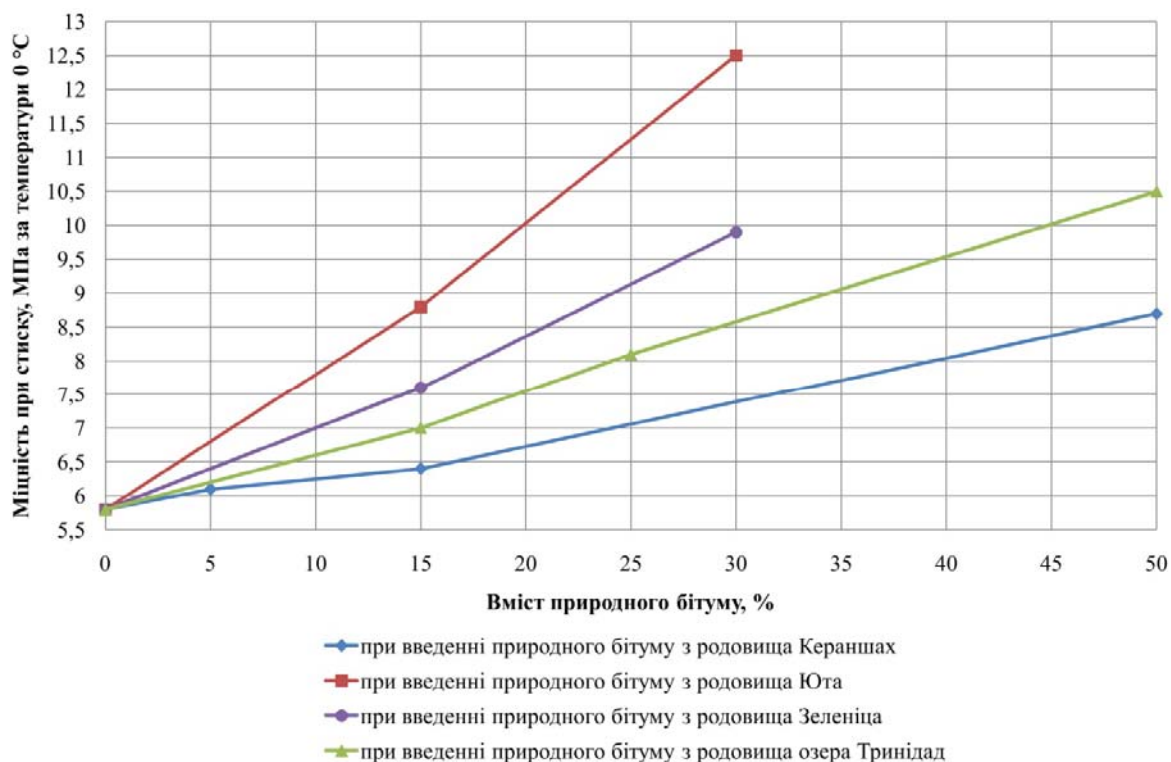


Рис. 6. Залежність міцності асфальтобетону на стиск за температури 0 °С від вмісту природного бітуму

Висновки

1. Природні бітуми можуть використовуватись як добавки, що покращують властивості асфальтобетону, а також як часткові замітники бітуму при приготуванні гарячих асфальтобетонів. Асфальтобетон з добраною кількістю природного бітуму відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-119-2003 «Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови».
2. Максимальний вміст природного бітуму, що може бути введений в суміш, може становити до 50 % від маси в'язучого, при цьому економія бітуму нафтового дорожнього може скласти близько 20 %. В кожному випадку вміст природного бітуму повинен визначатись в залежності від його властивостей, складу асфальтобетону, характеристик бітуму нафтового дорожнього (головним чином його в'язкості) і встановлюватись у виробничій лабораторії за результатами випробувань зразків асфальтобетону. При доборі вмісту природного бітуму слід враховувати наявність в ньому мінеральної складової.
3. Встановлено, що температури нагрівання щебеню, піску та бітуму, а також температура ущільнення асфальтобетонної суміші з природним бітумом повинні відповідати вимогам таблиці 12 та 13 ДСТУ Б В.2.7-119-2003, відповідно до марки бітуму.
4. Оскільки природні бітуми з родовищ Кераншах, Зеленица та озера Тринідад містять певну кількість мінеральних частинок, які мають властивість осідати у в'язучому, то оптимальною технологією приготування асфальтобетонних сумішей на цих природних бітумах є їх введення у мінеральний матеріал безпосередньо під час приготування. Природний бітум з родовища Юта на 99 % складається з бітуму, тому його можна вводити як попередньо у нафтовий бітум, так і безпосередньо в мінеральний матеріал. При однаковому вмісті гільсоніту Юта кращі властивості асфальтобетону отримані при його введенні в нафтовий бітум.

Література

1. Willem Vonk, Jan Korenstra – The effect of KRATON™ Polymers modification on the thermal cracking behaviour of dense asphaltic mixes // VI International Conference “Durable and safe road pavements”. – Kielce. – 2000. – P. 251-256.
2. Гохман Л.М. Влияние добавок дивинилстирольного блоксополимера на свойства битума. Материалы Второй научно-технической конференции по вопросам дорожного строительства. Алма-Ата, 1971.
3. Золотарев В.А. Свойства битумов, модифицированных полимерами типа СБС. // Автошляховик України. – 2003. – № 5 – С. 25-27.
4. Руденская И. М., Руденский А. В. Органические вяжущие для дорожного строительства. М.: Транспорт, 1984. - 400 с.