

## **СУМІСНІСТЬ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ БІТУМІВ ЗА ПЕНЕТРАЦІЙНОЮ ТА SUPERPAVE СИСТЕМАМИ**

### **COMPATIBILITY OF BITUMEN QUALITY INDICATORS ACCORDING TO PENETRATION AND SUPERPAVE SYSTEMS**

**Золотарьов В.О., проф., д.т.н., (Харківський національний автомобільно-дорожній університет)**

**Zolotarev V. O., Prof., Doctor of Science, (Kharkov National Automobile and Highway University)**

На цей час склалось дві системи оцінки якості бітумів. Перша – пенетраційна, друга – реологічно спрямована система Superpave. Пенетраційна система започаткована Боуеном у 1888 році. Друга – у 1983 році. Пенетраційна оцінка пройшла більш ніж тридцятирічну перевірку виробничим використанням. В 1910 році пенетрація була визнана головним критерієм оцінки консистенції бітуму в світі і залишається таким, наразі, в Європі. В стандартах більшості країн світу пенетрація супроводжується низкою інших показників, що мають надавати інформацію про стійкість асфальтобетонів до розвитку пластичних деформацій («Кільце та Куля»), зимову тріщиностійкість («Температура крихкості») та стійкість бітумів проти старіння. Всі ці показники згодом (в кінці 80-х років минулого століття) були визнані емпіричними, тобто такими, що не відповідають «Міжнародній системі одиниць фізичних величин». Дійсно, її показники не пов'язані з одиницями виміру напружень, деформацій, модулю пружності та в'язкості. Тим не менш, вона містить такі показники як температура крихкості, індекс пенетрації, інтервал пластичності. В EN 12591 було включено показник в'язкості при 60 °С.

На початку 80-х років минулого століття американські вчені та практики дійшли до висновку, що, користуючись пенетраційною системою, неможливо прогнозувати внесок бітуму ні в колієстійкість, ні в тріщиностійкість асфальтобетонів різних регіонів, і стійкість проти втоми, а також стійкість проти старіння. Було створено загальнодержавну програму SHARP, якою передбачалась розробка системи забезпечення якості стратегічних доріг Superpave. Головною ідеєю цієї системи була теза, яка диктувала необхідність досягнення стандартного однакового значення опору зсуву бітуму в усіх дорожньо-кліматичних регіонах США.

В якості такого параметру прийнято значення  $G^*/\sin \phi$  (зворотної податливості), що  $\geq 1$ кПа. Цей показник використовується також для оцінки старіння бітумів (2,2 кПа) та циклічної витривалості. Що стосується температури тріщиностійкості, то її рекомендовано визначати відповідно для кожної зони за показником жорсткості  $\geq 300$  МПа або ж показником

## Органічні і мінеральні в'язучі та дорожні бетони на їх основі

швидкості зростання деформації у часі ( $m \leq 0,3$ ), або за критичною деформацією на розтяг бітумної «гантели»  $\leq 1\%$ .

Всі ці використані в Supergrave критерії можуть сприйматися як реологічні, бо вони враховують часові та швидкісні режими деформування. Це головна риса системи Supergrave. В той же час в системі відсутня проміжна характеристика, яка давала б уявлення про консистенцію бітуму у проміжку між високими та низькими температурами податливості бітуму, що передбачена пенетраційною системою – температурою, яка дорівнює  $25\text{ }^\circ\text{C}$ . Крім того, в цій системі нема показника температурної чутливості та інтервалу пластичності між крихким та текучим станом. Більш того, в системі відсутній показник адгезійності бітумів та й водостійкості асфальтобетонів, хоча, без сумніву, на дорогах США є і лушення, і викришування. Це залишилось поза увагою розробників Supergrave. Виправданням цього може слугувати те, що система Supergrave стосується тільки механічної оцінки (механічних показників). Втім, хоча руйнування здійснюється внаслідок фізико-хімічних процесів, все ж руйнування має механічний характер.

Зважаючи на такі обставини, актуальною є задача доповнення системи Supergrave показниками, притаманними пенетраційній системі за умовою надання пенетрації механічного змісту.

Це може бути досягнуто переведенням пенетрації в напруження зсуву, що можливо здійснити використанням методології Carré-Lorentz, застосованої ними по відношенню для в'язкості. Тобто, необхідно відмовитись від сприйняття в'язкості на користь розуміння того, що пенетрація є характеристикою опору зсуву бітуму при зануренні в нього циліндричної голки з конусною кінцівкою. Крім цього, треба визнати, що значення пенетрації бітуму при температурі розм'якшеності згідно Pfeiffer та Van Doornmaal відповідає пенетрації  $800 \cdot 0,1$  мм. Також треба визнати, що температура крихкості, згідно W. Neukelom відповідає пенетрації  $1,25 \cdot 0,1$  мм. Із цього переконливо витікає, що ці два полюси належать одній логарифмічній залежності. Це дає можливість визначити середину інтервалу пластичності  $T_{31}$  (Золотарьов В.А.). На основі цього можна здійснити перехід від пенетрації до напруження зсуву.

Приймаючи до уваги, що напруження зсуву є еквівалентним  $G^*/\sin \phi$ , можна практично всі позитивні накопичення пенетраційної системи перенести на систему Supergrave. Розрахунки за цієї схеми та перевірка її дієвості здійснювалась порівнянням за десятками літературних джерел. Це дозволило представити систему Supergrave наступною таблицею 1.

В таблиці кожна чарунка відповідає одній з 37 чарунок PG-підзон. В кожній з цих чарунок зверху до низу наведені значення таких показників по напруженням зсуву: температура підзони, середня температура інтервалу пластичності, температурна чутливість бітуму (ТЧА), індекс пенетрації. Під

«інтервалом пластичності» розуміється інтервал між високими та низькими температурами PG-зон.

Таблиця 1

Циклограма властивостей бітумів за системою Supergrave

Зона	Межі від'ємних температур за підзонами						
PG-46					-34	-40	-46
					6	3	0
					0,053	0,05	0,047
PG-52	-10	-16	-22	-28	-34	-40	-46
	21	18	15	12	9	6	3
	0,069	0,063	0,058	0,054	0,05	0,047	0,044
	-3,2	-2,8	-2,3	-1,9	-1,4	-1,0	-0,6
PG-58	-10	-16	-22	-28	-34	-40	
		21	18	15	12	9	
		0,058	0,054	0,05	0,047	0,044	
		-2,3	-1,9	-1,42	-1,24	-0,6	
PG-64	-10	-16	-22	-28	-34	-40	
	27	24	21	18	15	12	
	0,058	0,054	0,05	0,047	0,044	0,041	
	-2,3	-1,9	-1,4	-1,24	-0,6	-0,46	
PG-70	-10	-16	-22	-28	-34	-40	
	30	27	24	21	18	15	
	0,054	0,05	0,047	0,044	0,041	0,039	
	-1,9	-1,4	-1,24	-0,7	-0,46	0,17	
PG-76	-10	-16	-22	-28	-34		
	33	30	27	24	21		
	0,05	0,047	0,044	0,041	0,039		
	-1,45	-1,06	-0,66	-0,16	0,17		
PG-82	-10	-16	-22	-28	-34		
	36	33	30	27	24		
	0,047	0,044	0,041	0,039	0,037		
	-1,06	-0,7	-0,16	0,17	0,52		

В таблиці кожна чарунка відповідає одній з 37 чарунок PG-підзон. В кожній з цих чарунок зверху до низу наведені значення таких показників по напруженню зсуву: температура підзони, середня температура інтервалу пластичності, температурна чутливість бітуму (ТЧА), індекс penetрації. Під «інтервалом пластичності» розуміється інтервал між високими та низькими температурами PG-зон.

З даних таблиці витікає, що позначення всіх підзон уявляють собою арифметичні прогресії за високою та низькою температурами. В ній показники середини інтервалу пластичності та температурна чутливість теж утворюють такі ряди, відповідно: 3; 0,03-0,04. Крім того, ТЧА по діагоналі залишається постійною зі зростанням позитивної температури підзони та підвищенням від'ємної температури підзони. Цей коефіцієнт падає в межах однієї підзони зі зниженням від'ємних температур. Це означає, що система Supergrave передбачає потребу в бітумах зі зменшеною ТЧА, тобто бітумів зі зростаючим індексом penetрації. В той же час, треба мати на увазі, що стандартом EN 12591 допускається коливання індексу penetрації від - 1,5 до + 0,7. Співставлення ТЧА з класичним індексом penetрації свідчить про те, що межі зміни температурної чутливості відповідають її значенням в

межах від 0,005 до 0,037. Наведені Neukelom дані щодо цього охоплюють діапазон від 0,025 до 0,055.

Фактично, кожна чарунка PG оточена подібними з чотирьох сторін: згори і ліворуч – збільшення на 0,3 ТЧА, а знизу і праворуч – на 0,3 меншими. Отримані Пфейфером та Ван-дер-Поєм значення показників ТЧА розраховувались в обмеженому діапазоні температур від 25 °С до температури розм'якшеності, бо не було голки необхідної довжини. Представлені тут значення охоплюють весь діапазон від PG46 – (-46) до PG82 – (-10). Близькість значень коефіцієнтів температурної чутливості та отриманих за показниками напруження зсуву є одним із свідoctв вірогідності прийнятого тут підходу.

Представлені тут дані дають можливість ввести одну з важливих ознак класифікації бітумів. Це стосується проміжної температури, за якої мають нормуватися бітуми. В пенетраційній системі це пенетрація за температури 25 °С. Саме це дає можливість відчувати органолептично консистенцію бітуму. На самому початку використання бітумів, консистенцію та його якість оцінювали «на зубець». В Supergrave проміжна температура відсутня. Між крайніми температурами – «полонина».

Отже, людина не може уявити собі що таке бітум. Про те, що він тече як Ньютонівська рідина або перетворюється на скло з вільним об'ємом 3 % ніхто не має уяви. В роботі Золотарьова В.О. використана температура, за якої в пенетраційній системі бітум має пенетрацію 31,6 · 0,1 мм. Це може бути перенесено і на систему Supergrave, для чого треба визначитись з опором зсуву бітуму в кожній PG-зоні. Результати такого аналізу наведені на рисунку 1.

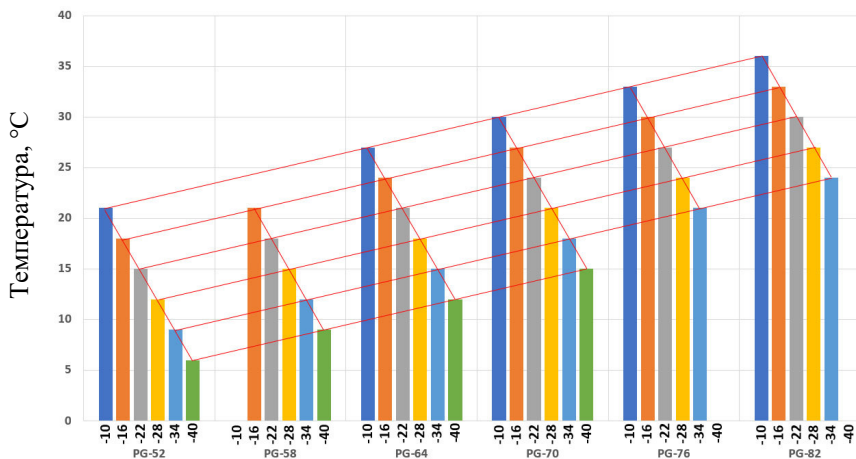


Рис. 1. Розподілення середньої температури інтервалів пластичності за показником напруження зсуву

З нього витікає, що серединна температура (ТСА) інтервалу пластичності між течією та крихкістю у кожній зоні знижується при переході від малих низьких температур до ще нижчих (-10 → -46). При цьому, кожне зниження температури чарунки на 6 °С приводить до зниження ТСА на 3 °С. Навпаки, підвищення літньої експлуатаційної температури на 6 °С (50 → 58...52) призводить до підвищення ТСА також на 3 °С. Отже, маркування бітумів за ТСА може чітко віддзеркалити стан бітуму. Перепад температур між крайніми ТСА становить від 3 до 36 °С. Прийняття системи позначення бітуму за серединною температурою надасть більш чітке уявлення про можливість використання бітумів в тих чи інших кліматичних умовах.

Втілення запропонованої деформаційно-міцнісної оцінки якості бітумів сприятиме: цілеспрямованому контролю якості бітумів для різних температурних регіонів; реальному врахуванню зсувних характеристик (опір зсуву в літню та тріщиноутворення в зимову пору); свідомому аналізу поведінки асфальтобетонів завдяки прогнозуванню деформаційно-зсувних характеристик бітуму при проектуванню дорожніх одягів.