

УДК 625.75:625.85  
№ держреєстрації 0115U005129  
інв. №

**ДЕРЖАВНЕ АГЕНТСТВО АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ УКРАЇНИ  
(Укравтодор)**

**Державне підприємство  
«Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна»  
(ДП «ДерждорНДІ»)**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Директор ДП «ДерждорНДІ»  
канд. техн. наук  
\_\_\_\_\_ В.М. Нагайчук  
\_\_\_\_\_

**З В І Т  
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ**

**«Провести випробування та виконати аналіз якості бітумів, що застосовуються в дорожньому господарстві України, та аналіз ефективності нових добавок для поліпшення властивостей бітумів та асфальтобетонів»  
(договір № 31-15 від 19.06.2015 р.)**

Етап 3 Проведення досліджень бітумів, що використовуються в Україні протягом 2015 року.

Керівник НДР  
Начальник центру  
асфальтобетонів та  
органічних в'язучих

С.В. Кіщинський

Відповідальний виконавець  
Завідувач відділу ДБМ

І.В. Копинець

Київ  
2015

**СПИСОК АВТОРІВ**

Керівник НДР,  
начальник центру  
асфальтобетонів та  
органічних в'язучих

Завідувач відділу ДБМ

Молодший науковий  
співробітник

С. Кіщинський  
(загальне наукове керівництво,  
аналіз результатів, написання та  
редагування звіту)

І. Копинець  
(участь у експериментальних  
дослідженнях, аналіз результатів,  
написання та редагування звіту)

О. Соколов  
(експериментальні дослідження)

## РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 65 с., 5 табл., 13 рисунків, 17 посилань.

**Об'єкт дослідження** – бітуми нафтові дорожні в'язкі.

**Мета дослідження** – визначення фізико-технічних характеристик бітумів, що застосовувались дорожніми підприємствами України в 2015 році. Встановлення їх відповідності вимогам ДСТУ 4044. Оцінка якості та особливостей властивостей бітумів.

**Метод дослідження** – експериментальні дослідження бітумів з використанням стандартних методів випробувань.

Проведені випробування зразків бітумів виробництва ПАТ «Укртатнафта», Кіровоградська нафтова компанія, Мозирський НПЗ, Новополоцький НПЗ, Куйбишевський НПЗ та Рязанська нафтова компанія, які використовувались в Україні в 2015 році.

Проведений аналіз показників властивостей досліджених бітумів, встановленні їх особливості, переваги та недоліки, а також відповідність вимогам ДСТУ 4044.

БІТУМИ НАФТОВІ ДОРОЖНІ, МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ, АДГЕЗІЯ, ПЕНЕТРАЦІЯ, ФІЗИКО-ТЕХНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ, ЗЧЕПЛЮВАНІСТЬ, ІНДЕКС ПЕНЕТРАЦІЇ, СТАРІННЯ.

## ЗМІСТ

Вступ .....	5
1 Вплив складу та структури бітумів на їх фізико-технічні характеристики.....	8
2 Дослідження та аналіз властивостей бітумів, що використовувались в Україні в 2015 році.....	26
3 Порівняльний аналіз досліджених бітумів.....	54
Висновки.....	58
Перелік посилань.....	61

## ВСТУП

Бітум є одним з найважливіших матеріалів в дорожньому будівництві. Використання бітуму як в'язучого матеріалу, що поєднує в єдиний моноліт мінеральні складові сумішей, є можливим завдяки його клеючим властивостям та термопластичності – здатності переходити в рідкий стан при нагріванні та ставати твердим при охолодженні. Це дозволяє перемішувати бітуми з мінеральними матеріалами за температури (120 - 170) °С, а при остиганні суміші до температури доквілля перетворювати її в суцільний твердий матеріал – асфальтобетон. В той же час ці властивості бітуму можуть створювати проблеми при експлуатації покриттів.

Так, при високих літніх температурах бітум розм'якшується, що під дією транспорту призводить до утворення на покриттях колій. За низьких зимових температур асфальтобетон стискається і відсутність пластичних властивостей та крихкість бітуму стає причиною виникання низькотемпературних тріщин.

Бітум має невисоку міцність та не здатен до пружних деформацій, як наслідок, при тривалих транспортних навантаженнях на покриттях з'являються втомні тріщини. Під дією технологічних температур, кисню та погодних умов бітум старіє. Змінюється його склад та структура, він стає крихким і втрачає клеючу здатність. В результаті знижується несуча здатність покриття, в ньому значно прискорюються процеси тріщиноутворення та руйнування.

Бітум має вибірково клеючу здатність (адгезію). Він добре прилипає до основних гірських порід і погано – до кислих. Як результат, під дією води, внаслідок відшарування плівки бітуму від мінеральних зерен на покриттях виникає ямковість.

Таким чином, з усіх компонентів асфальтобетону бітум є найбільш чутливим до дії транспорту, технологічних та погодно-кліматичних

факторів. І хоча вміст бітуму в асфальтобетоні складає лише (5 - 7) %, саме він вирішальним чином впливає на довговічність покриттів.

Довготривалу роботу покриттів зі збереженням високих транспортно-експлуатаційних характеристик можуть забезпечити бітуми, що відповідають таким вимогам:

- температура крихкості бітумів повинна бути такою, що забезпечує тріщиностійкість асфальтобетону при найбільш низькій температурі експлуатації покриття;

- температура розм'якшеності бітумів повинна забезпечувати зсувостійкість асфальтобетону при максимальній літній температурі покриття;

- бітуми повинні мати еластичність, що дозволяє працювати матеріалам в пружній стадії без утворення пластичних деформацій;

- бітуми повинні мати міцне зчеплення з поверхнею мінеральних матеріалів, що забезпечує водостійкість матеріалу протягом всього часу експлуатації;

- бітуми повинні бути стійкими до старіння;

- бітуми повинні відповідати технологічним вимогам приготування та застосування бітумомінеральних матеріалів.

Властивості бітуму залежать від складу сировини та технології її переробки. Ретельний вибір нафт (високосмолистих, малопарафінистих), підбір з продуктів нафтопереробки найбільш придатної сировини, застосування ефективних способів виробництва та додержання раціональних технологічних параметрів приготування дозволить отримати бітуми із збалансованою структурою, потрібними споживчими характеристиками та підвищеною життєздатністю.

Такі бітуми будуть у більш повній мірі задовольняти вимоги, що висуває до них робота покриттів в умовах значних транспортних навантажених та несприятливих погодних факторів.

Застосування якісних бітумів дозволить значно підвищити транспортно-експлуатаційні характеристики дорожніх покриттів і суттєво подовжити строк їх служби.

Проведення досліджень бітумів різних НПЗ дозволить встановити їх особливості, виявити характерні недоліки, визначити, бітуми якого НПЗ є найбільш оптимальними для застосування в дорожньому будівництві України.

## **1 ВПЛИВ СКЛАДУ ТА СТРУКТУРИ БІТУМІВ НА ЇХ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

Незважаючи на велику кількість робіт, присвячених вивченню структури бітуму, вирішення цього питання далеке від завершення.

Бітуми характеризуються надзвичайно складним хімічним складом, пов'язаним з полімолекулярністю, що змінюється в широких межах в залежності від природи бітумної сировини і технології його переробки.

Із-за складності будови бітумів важко визначити і виділити які-небудь індивідуальні сполуки, за винятком парафінів.

Найбільш поширено уявлення про структуру бітумів як про колоїдну систему міцелярної будови, що включає три основні компоненти (фази): ліофобні речовини - асфальтени, ліофільні - смоли, що оточують асфальтени і перешкоджають їх злиттю, а також фазу масел, в якій суспензовані міцели.

Масла у бітумі знижують температуру його розм'якшеності, твердість, збільшують текучість. Масла складаються з парафінових сполук, нафтових структур та ароматичних сполук.

Парафінові сполуки представлені гомологічними рядами нормальних і розгалужених алканів, з числом вуглецевих атомів 26 і більше, що мають температуру кипіння в межах (350 - 520) °С, температуру плавлення (56 - 90) °С, густина (790 - 820) кг/м<sup>3</sup>;

Нафтові структури мають вуглецевих атомів від 20 до 35 та густину (820 - 870) кг/м;

Вміст парафіно-нафтової фракції у важких нафтових залишках може змінюватись від 13,9 % за масою до 61,5 % за масою. У нафтових залишках є насичені вуглеводні нормальної будови (парафіни) та ізобудови. Парафінові вуглеводні можуть включати в молекулу насичені циклічні структури. За своєю хімічною будовою нафтени розрізняються в першу чергу за кількістю циклів в молекулі. З ростом молекулярної маси нафтенів підвищується вміст в них поліциклічних молекул. Максимальне



число циклів в нафтенах, ідентифікованих у вигляді індивідуальних сполук, дорівнює п'яти. У важких нафтових залишках виявлені моноциклічні, біциклічні, трициклічні та тетрациклічні нафтени.

Ароматичні сполуки поділяються на: моноциклічні, що мають молекулярну масу 450 - 620, біциклічні – 430 - 600 та поліциклічні – 420 - 670. При переході від моно- до поліциклічних ароматичних сполук бічні вуглеводневі ланцюги стають коротшими.

Ароматична частина важких нафтових залишків представлена моно- (МЦА), бі- (БЦА) і поліциклічними (ПЦА) ароматичними вуглеводнями. Моноциклічні ароматичні вуглеводні включають до складу своїх молекул одне бензольне кільце та алкільні ланцюги (алкілбензоли), а також нафтеніві кільця (індани, ди-, три-, та тетранафтенобензоли та ін.). У фракцію біциклічних ароматичних сполук потрапляють як гомологи нафталіну, так і гомологи бензолу, що містять два ізольовані ароматичні кільця. У поліциклічних ароматичних вуглеводнях структурним елементом є нафталінове ядро. Ароматичні кільця входять до складу гібридних конденсованих структур, що включають три і більше циклів (перилен, пирен, трифенілен і так далі). Сучасні уявлення про нафтові дисперсні системи і нафтові бітуми викладені в роботах видатних учених - П.А. Ребіндера, Г.І. Фукса, З.І. Сюняєва, Д.Ф. Варфоломєєва, Р.Б. Гуна, А.С. Колбановської, Д.А. Розенталя та ін.

Смоли надають бітуму пластичність і розтяжність. Це високомолекулярні органічні сполуки циклічної і гетероциклічної структури, високого ступеню конденсації, пов'язані між собою аліфатичними ланцюгами. До складу смол, окрім вуглецю (від 79 % до 87 % за масою) і водню (від 8,5 % до 9,5 % за масою), входять азот (до 2,0 %), кисень (1 - 10) %, і сірка (1 - 10) %. Молекулярна маса смол складає від 300 до 2500, а густина коливається в межах (990 - 1100) кг/м<sup>3</sup>. Смоли є проміжною формою між маслами і асфальтенами, хімічний склад яких до теперішнього часу вивчений недостатньо повно.

Асфальтени - це концентрат високомолекулярних сполук нафти, як правило, гетероатомних. Асфальтени є продуктами ущільнення смол: тверді, неплавкі, крихкі речовини чорного або бурого кольору, нерозчинні у вуглеводнях нормальної будови, спиртах і спиртоєфірних сумішах, але добре розчинні у бензолі і його гомологах, сірковуглеці, хлороформі і чотирихлористому вуглеці. Асфальтени є основним структуроутворюючим компонентом бітумів. Асфальтени - найбільш високомолекулярна і найбільш складна за елементним складом і молекулярною будовою частина нафти. Завдяки значній поляризованості та наявності вільних радикалів молекули асфальтенів схильні до асоціації. Вони утворюють асоціати у вигляді пачок паралельно розташованих плоских надмолекулярних структур. Їх сольватна оболонка, що складається переважно з масел і смол, перешкоджає розвитку асоціації асфальтенів. Молекулярна маса асоціатів - від 1500 до 4000, молекулярна маса суто асфальтенів – (400 - 500).

Між асфальтенами і смолами складно провести чітку межу через близькість їх елементного складу і схожості в структурі вуглеводневого скелета [90]. Методи розподілу асфальтенів і смол засновані на відмінності в розмірах їх молекул, а також пов'язані з цією обставиною відмінності деяких фізичних властивостей (розчинність, адсорбційна здатність, схильність до асоціації).

Смоли дещо багатші на водень, ніж асфальтени, і характеризуються вищим відношенням Н/С. Молекули асфальтенів, відрізняються від молекул смол вищими (у 2-5 разів) масами, а в структурному відношенні - вищим вмістом конденсованих ароматичних структур.

Поза сумнівом, молекули асфальтенів є продуктами конденсації двох-трьох і більше молекул смол. Досліди, проведені С.Р. Сергієнко і його колегами, а також Б.Г. Печеним підтверджують, що смоли є структурними блоками, з яких в результаті реакції дегідрогенізації і

конденсації з відщепленням  $H_2$ ,  $H_2O$ ,  $H_2S$ ,  $NH_3$  утворюються молекули асфальтенів.

Асфальтогенові кислоти та їх ангідриди - це речовини коричнево-сірого кольору, густої смолянистої консистенції, добре розчинні в спирті або хлороформі, але важко розчинні у бензині. Мають щільність більше  $1000 \text{ кг/м}^3$ .

Карбени і карбоїди - це високовуглецеві продукти високотемпературної переробки нафти і її залишків. Передвісники первинних коксових утворень. Карбени нерозчинні в чотирьохлористому вуглеці, карбоїди - в сірковуглеці.

Важливо відзначити, що за загальноприйнятою методикою ВНПНП визначення групового хімічного складу, і відповідно до нього розподіл бітумів на групи сполук має умовний характер, оскільки колоночна препаративна хроматографія не дозволяє чітко відокремити одну групу сполук від іншої. На сьогодні пропонується груповий розподіл бітумів методом тонкошарової хроматографії в комбінації з полум'яно-іонізаційним детектором (TLC/FID - метод). Крім того, використовують гель-хроматографію і екстракцію для розподілу нафтових залишків на фракції, що містять компоненти дисперсної фази і дисперсійного середовища.

Серед гетероатомних сполук нафти найбільш поширені сірковмісні органічні сполуки. Основними типами сіркоорганічних сполук нафти є меркаптани, сульфідні, дисульфідні і тиофенні. З ростом температури кипіння фракцій змінюється хімічний склад сірчистих компонентів нафти. Високомолекулярні сірковмісні сполуки нафти переважно представлені похідними тиофенів і, частково, сульфідними, тиациклановими сполуками. Слід зазначити, що для сірковмісних компонентів характерні поліфункціональні сполуки, доля яких значно збільшується при переході до важких нафтових залишків. Тому сполуки, що включають атоми сірки,

наявні у складі таких концентратів як азот- та кисневмісних високомолекулярних сполук нафти.

Азотвмісні сполуки в основному сконцентровані в смолистоасфальтенових компонентах важких нафтових залишків (ВНЗ). Існує думка, що велика частина атомів азоту включена до складу поліароматичних блоків молекул смол і асфальтенів, а решта їх кількості виділяється з ними у вигляді донорно-акцепторних асоціатів. Встановлено, що склад екстрагованих надосновних азотвмісних сполук можна виразити загальними формулами  $C_nH_{2n-z}$  і  $C_nH_{2n-z}NS$ . При цьому сполуки першого типу переважають (62,5 % за масою). Головним чином вони представлені похідними піридину, хіноліну, бензо- і дибензохіноліну.

Груповий склад високомолекулярних кисневмісних сполук дистильованих фракцій представлений карбоновими кислотами, фенолами, складними ефірами, кетоном, ангідридами та іншими. Близько 60 %, у важких нафтових залишках, вміщують складноефірні групи.

У складі нафтових кислот ідентифіковані сполуки, що містять разом азот і кисень, або сірку і кисень, при цьому атоми азоту і сірки знаходяться в гетероциклах. Значна частина поліфункціональних сполук входить до складу смолистоасфальтенових речовин (САР) нафти.

Відомо, що усі нафти і споріднені природні об'єкти (наприклад, нафтові бітуми) разом з основними складовими елементами (С, Н, S, N, O) містять незначну кількість ( $10^{-7}$  -  $10^{-10}$  % за масою) інших елементів - металів і неметалів. До теперішнього часу в нафтах виявлено більше 60 мікроелементів. Основна частина усіх мікроелементів сконцентрована в найбільш висококиплячих фракціях нафт, причому більше 50 % за масою металів від їх загальної кількості в нафті сконцентровано в асфальтенах. Частина металів в нафтах знаходиться у формі солей органічних кислот і хелатних комплексів, в яких атом металу розміщений в центрі порфіринового циклу або в порожнечах конденсованих ароматичних фрагментів. Основна маса металів міститься у вигляді складних

полідентатних комплексів. З усього різноманіття металів, що містяться в нафтах, найбільше інформації є про ванадій (V) і нікель (Ni), що, мабуть, пов'язано з їх порівняно великими концентраціями. Існує припущення, що V і Ni входять до складу асфальтенів у вигляді відповідних ванадій- і нікельпорфіринових комплексів, які є частиною структури молекул асфальтенів і концентруються у фракціях, що киплять за температури вище 350 °С.

Метали (Pе, Mg, V, Ni та ін.) містяться у бітумах в невеликих кількостях. Нині недостатньо вивчений вплив наявних металів на процес отримання бітумів (окислення гудронів), а також їх технічні показники.

Нелленштейн перший запропонував розглядати бітуми як колоїдну систему. Згідно з його поглядами, дисперсійна фаза асфальтенів утворює міцелярне ядро, навколо якого розташовані послідовні шари меншої молекулярної маси і меншого ступеню ароматичності (смоли), що переходять в інтерміцелярне дисперсійне середовище (масла). При цьому не існує різкої межі і чіткого розділу між асфальтенами і смолами з одного боку, і смолами і маслами - з іншою.

Відмінним від викладеного є уявлення про структуру бітумів як про розчини асфальтенів в мальтенах (масла + смоли), висловлене уперше Хойбергом. При цьому мальтени є не лише розчинником асфальтенів, але і пластифікуючим компонентом.

За сучасними уявленнями усі дорожні і будівельні бітуми слід розглядати як розчини високомолекулярних сполук нафтового походження - асфальтенів і близьких до них за структурою і властивостям смол (твердих смол) в середовищі з нафтових масел і близьких до них за структурою смол (плавких смол). Відповідно до теорії розчинів високомолекулярних сполук (ВМС) в залежності від зовнішніх умов (температура, тиск) бітуми можуть знаходитися в різних термодинамічних станах, проходячи послідовно усі стадії від істинних розчинів (при високих

технологічних температурах) до колоїдних розчинів надмолекулярних структур асфальтенів і смол до пластичних, а потім твердих тіл.

В основі класифікації структурних типів нафтових бітумів лежить відмінність в розподілі в них дисперсних часток за розмірами та силі ММВ.

За своїм колоїдним станом бітуми були розбиті Пфайфером на три типи: гель, золь і золь-гель. Проте хімічний склад не був відбитий в цій класифікації. Пізніше А.С. Колбановська запропонувала розбити бітуми на три типи. Структура I типу (гель) відрізнялася наявністю просторової коагуляційної сітки з асфальтенів. Структура II типу (золь) не має такого каркаса, асфальтени знаходяться в сильно структурованому смолами вуглеводневому дисперсійному середовищі. Структура III типу (гель) є системою, в якій окремі агрегати асфальтенів знаходяться в дисперсійному середовищі, структурованому смолами в значно більшій мірі, чим середовище I типу, але в меншій, ніж II типу.

Гель характеризується найміцнішою структурою, дисперсні частки якої пов'язані одна з одною в єдиний суцільний каркас з іммобілізованим дисперсійним середовищем. Бітуми цієї структури містять, як правило, понад 25 % за масою асфальтенів, менше 24 % за масою смол і більше 50 % за масою ПЦА сполук. При цьому доля асфальтенів в загальній сумі САВ складає більше 0,5, а співвідношення кількості асфальтенів до суми концентрацій смол і ПЦА сполук - більше 0,35.

Зазвичай до такого типу структури відносять бітуми будівельних марок.

Золь - дисперсна фаза бітумів представлена частками з мінімальними розмірами (найменший ступінь асоціації асфальтенів), що практично не взаємодіють один з одним і хаотично розподіленими в дисперсійному середовищі. Бітуми цього типу містять не більше 18 % за масою асфальтенів, понад 36 % за масою смол і не більше 48 % за масою ПЦА сполук. Доля асфальтенів в загальній сумі САВ складає менше 0,34, а

по відношенню до суми ПЩА сполук і смол - менше 0,22. Такі структури характерні для вільнодисперсних систем типу гудронів, бітумів покрівельних марок та ін.

Золь-гель – структура, що має проміжні розміри дисперсних часток, що взаємодіють одна з одною. Між ними встановлюються також певні сили міжмолекулярної взаємодії (ММВ), що обумовлюють певний рівень структурно-механічної міцності усієї нафтової дисперсної системи (НДС) в цілому. Для дорожніх марок бітумів саме такому типу структури слід віддавати перевагу.

Таким чином, в залежності в від кількісного співвідношення основних компонентів бітуму, від їх якісних характеристик, а також будови та взаємозв'язку (структури) залежать властивості в'язучого.

При розгляді загальних відомостей про склад і властивості компонентів бітумів (таблиця 1.1) звертає на себе увагу суттєве зменшення вуглецю в алкільних замісниках при переході від масел до смол і таке ж різке підвищення вуглецю в нафтових структурах при переході від смол до асфальтенів. Це дозволяє вважати, що в першому випадку йде формування ядра молекул смол (збільшився вміст вуглецю в ароматичних структурах), а в другому випадку утворення нафтових циклів з асфальтенів.

Бітум може розглядатись як дисперсна система, що складається з дисперсійного середовища, утвореного маслами і низькомолекулярною частиною смол, і дисперсної фази – у вигляді асфальтенів з адсорбованими ними високомолекулярними смолами. Тому комбінацію масел і смол називають мальтенами.

Мальтени складаються з фракції масел і фракції смол і являють собою дисперсну систему з просторовою структурою, з в'язкістю близькою до в'язкості парафіно-нафтових вуглеводнів і петролейнобензольних смол, і міцністю аналогічній міцності

петролейнобензольних смол. Ступінь структурованості їх значно нижче, ніж ароматичних вуглеводнів і масел.

**Таблиця 1.1** - Склад і властивості основних компонентів важких нафтових залишків

Найменування компонента	Молекулярна маса, М	Щільність, $10^3$ кг/м <sup>3</sup>	Температура плавлення, °С	Температура застигання, °С	Вміст, % за масою			Вміст у важких нафтових залишках, % за масою	Колір, вид
					вуглець С	водень Н	сірка S		
Парафінонафтоєні (ПН)	300-600	~0,8	56-90		85-86	14-15		14-62	безбарвні
Моноциклоароматичні (МЦА)	320-620	~0,9	-	-11÷6	86-87	11-12	до 1,5	10-25	світло-жовта в'язка рідина
Біциклоароматичні (БЦА)	360-670	~1,0	-	-8÷2	85-88	10-11	до 4	10-15	жовта в'язка рідина
Поліциклоароматичні (ПЦА)	360-670	~1,0	-	-8÷2	85-88	10-11	до 4	~1	-
Смоли (С)	500-1800	~1,0	35-90	-	75-88	8,5-9,5	1-10	~30	червоно-бура високо-в'язка рідина
Асфальтени (А)	600-4000	~1,1	200-300	-	80-86	7-9	0-9	~30	чорні або бурі тверді речовини

Фізико-технічні характеристики компонентів бітуму марки БНД 60/90, що відображають його основні експлуатаційні властивості, наведені в таблиці 1.2.

Аналізуючи груповий склад бітуму і властивості компонентів, можна оцінити, які компоненти і в якій мірі впливають на певні властивості бітуму.



**Таблиця 1.2** - Показники фізико-технічних характеристик бітуму і його компонентів

Найменування компонентів бітуму і склад моделей	Вміст, % мас		Температури, °С		Температурний інтервал працездатності (ІІІ), °С
	компонентів	асфальт-тенів	розм'якшеності, $T_p$	крихкості, $T_{кр}$	
Парафіно-нафтеніві вуглеводні	13,2		39,0	-60,0	99,0
Моноциклоароматичні вуглеводні	9,4		20,0	-50,0	70,0
Біциклоароматичні вуглеводні	21,4		10,0	-30,0	40,0
Поліциклоароматичні вуглеводні	2,7		10,5	-32,0	42,5
Масла (парафіно-нафтеніві вуглеводні + Ар)	46,7		21,7	-43,0	64,7
Петролейнобензолні смоли	16,9		37,0	+1,0	36,0
Спиртобензолні смоли	12,2		73,0	+21,5	51,5
Мальтени бітуму	75,8		21,7	-26,5	48,2
Бітум		24,2	50,0	-15,0	65,0
Масла (парафіно-нафтеніві вуглеводні + Ар) і асфальтени		5	33,5	-32,5	66,0
Те ж		10	38,5	-41,5	80,0
Те ж		20	75,0	-38,5	113,5
Те ж		30	103,5	-26,5	130,0
Те ж		40	132,0	-22,0	154,0

В першу чергу треба відзначити, що незважаючи на високу теплостійкість - температура розм'якшеності спиртобензолних смол, температура розм'якшеності власне мальтенів є низькою, і тільки присутність асфальтенів забезпечує теплостійкість бітуму.

При цьому погіршується тріщиностійкість бітуму в порівнянні з мальтенами на 11,5 °С, теплостійкість підвищилася на 28,3 °С, а температурний інтервал працездатності збільшився на 16,8 °С.

Найбільш крихким компонентом бітуму є спиртобензолні смоли (тверді), а найбільш тріщиностійким – парафіно-нафтеніві,

моноциклоароматичні вуглеводні і масла в комплексі, які й визначають тріщиностійкість бітуму.

Розрахунок показників температур розм'якшеності, крихкості та інтервалу пластичності, виходячи з інформації про груповий склад бітуму, мальтенів і фракції масел, показав, що фактичні значення цих показників для масел не відрізняються від розрахункових (таблиця 1.3). Отримані дані свідчать про те, що між компонентами масел немає хімічних зв'язків і спостерігається адитивність впливу кожного компонента на показник суміші.

Інша картина спостерігається для мальтенів - фактичні показники виявляються помітно гірше розрахункових: температура розм'якшеності - на 49,7 %, температура крихкості - на 14,8 %, інтервал працездатності - на 14,19 %.

Цей факт можна пояснити тим, що частина смол розчиняється в маслах, а частина утворює комплекси, зокрема, спиртобензольні комплекси та петролейнобензольні комплекси.

Це припущення підтверджується однаковими значеннями температури розм'якшеності для мальтенів і масел, так як руйнування системи при підвищенні температури відбувається по гранично-мастильним прошаркам між частинками дисперсної фази, а якщо просторовий коагуляційний каркас відсутній, то по середовищу.

Можна вважати, що розчин смол містить більше петролейнобензольних смол, ніж спиртобензольних, так як температура крихкості мальтенів ближче за значенням до петролейнобензольних смол, ніж до спиртобензольних.

Звертає на себе увагу той факт, що інтервал працездатності для масел той же, як і для бітуму, і при цьому температура розм'якшеності краще, а температура крихкості гірше на одну і ту ж величину - 28 °С.

**Таблиця 1.3** - Фактичні та розрахункові значення показників властивостей масел і мальтенів

Найменування зразків	Вміст компонентів, %			Температура розм'якшеності, °С			Температура крихкості, °С			Температурний інтервал працездатності, °С		
	в бітумі	в мальтенах	в маслах	T <sub>p</sub>	Частка T <sub>p</sub> в мальтенах	Частка T <sub>p</sub> в маслах	T <sub>кр</sub>	Частка T <sub>кр</sub> в мальтенах	Частка T <sub>кр</sub> в маслах	П	Частка П в мальтенах	Частка П в маслах
Парафіно-нафтенові вуглеводні	13,2	17,4	28,24	39,0	6,80	11,01	-60,0	-10,44	-16,94	99,0	17,23	27,95
Моноциклическо-ароматичні вуглеводні	9,4	12,4	20,12	20,0	2,48	4,02	-50,0	-6,20	-10,06	70,0	8,68	14,08
Біциклоароматичні вуглеводні	21,4	28,2	45,80	10,0	2,82	4,58	-30,0	-8,46	-13,74	40,0	11,28	18,32
Поліциклоароматичні вуглеводні	2,7	3,6	5,84	10,5	0,38	0,61	-32,0	-1,15	-1,87	42,5	1,53	2,48
∑ Масел	46,7	61,6	100,0	21,7	13,36	20,22	-43,0	-26,49	-42,61	64,7	39,86	62,83
Петролейнобензольні смоли	16,9	22,3		37,0	8,25		+1,0	+0,22		36,0	8,03	
Спиртобензольні смоли	12,2	16,1		73,0	11,75		+21,5	+3,46		51,5	8,29	
Мальтени	75,8	100,0		21,7	32,48		-26,5	-22,57		48,20	55,04	
Відхилення від фактичного значення, %					+49,7	-6,8		-14,8	-0,93		+14,19	-2,89

Введення асфальтенів в масла призводить, як і в розглянутому вище випадку, до збільшення температури розм'якшеності та інтервалу працездатності та погіршення температури крижкості.

Таким чином розглядаючи бітум як систему, що складається з мальтенів і асфальтенів, приходимо до висновку про те, що асфальтени грають структуроутворюючу роль, тобто істотно підвищують в'язкість, твердість, міцність бітуму в порівнянні з мальтенами.

Наявність спиртобензольних смол у складі мальтенів обумовлює, швидше за все, утворення на їх основі частинок дисперсної фази - спиртобензольних комплексів. Правда, природа цієї фази відрізняється від природи дисперсної фази, представленої асфальтеновими комплексами в бітумі.

При цьому структуру бітуму можна представити таким чином - дисперсійним середовищем служать масла і частина петролейнобензольних і спиртобензольних смол, що не увійшли до асфальтенових і спиртобензольних комплексів.

Дисперсна фаза представлена - асфальтеновими комплексами, що складаються з асфальтенів, на ліофільних ділянках яких адсорбовані ароматичні компоненти фракції масел і петролейнобензольних смол, а на ліофобних – спиртобензольних смол, при цьому певна частина ароматичних вуглеводнів адсорбована і поглинена асфальтенами.

Якщо розглядати чотирикомпонентну систему – асфальтени, смоли, ароматичні і насичені сполуки, то при зміні вмісту одного з компонентів мальтенів за умови постійного співвідношення двох інших компонентів і вмісту асфальтенів 25 % властивості бітумів змінюються наступним чином. Смоли зменшують, насичені сполуки збільшують, а ароматичні сполуки не впливають на пенетрацію. Смоли збільшують, насичені сполуки зменшують, а ароматичні сполуки не впливають на температуру розм'якшеності бітумів. Смоли збільшують в'язкість і мало змінюють в'язкісно-температурну залежність. Насичені сполуки

зменшують в'язкість і змінюють температурну залежність, ароматичні сполуки не впливають ні на в'язкість, ні на залежність в'язкості від температури.

У трикомпонентній системі – асфальтени, смоли і масла, можна виявити такі залежності. Пенетрація підвищується із збільшенням співвідношення масла/асфальтени і майже не залежить від вмісту смол. Температура розм'якшеності зростає із зменшенням відношення масла/асфальтени і майже не залежить від вмісту смол. Температура крихкості знижується із збільшенням відношення масла/асфальтени і не залежить від вмісту смол. Розтяжність досягає максимуму ( $> 100$  см) при відношенні масла/асфальтени в інтервалі від 2 до 5. Для більш в'язких бітумів вплив вмісту смол незначний; інтервал пластичності знаходиться в прямій пропорційній залежності головним чином від вмісту асфальтенів, в деяких випадках збільшення відношення масла/асфальтени підвищує інтервал пластичності.

Залежність в'язкості від групового хімічного складу аналогічна залежності пенетрації і температури розм'якшеності: при зниженні відношення масла/асфальтени вона зменшується. Ароматичні сполуки і смоли практично однаково впливають на властивості бітумів. Пенетрація майже не залежить від вмісту ароматичних сполук і смол, а визначається відношенням насичені сполуки/асфальтени, із зростанням якого підвищується. При вмісті в бітумі менше 20 % асфальтенів температура розм'якшеності змінюється протилежно пенетрації: при підвищенні відношення насичені сполуки/асфальтени температура розм'якшеності знижується.

Температура крихкості подібно пенетрації не залежить від вмісту ароматичних сполук і смол, а визначається переважно відношенням насичені сполуки/асфальтени. В області низьких значень (нижче  $-18$  °C) температура крихкості залежить практично від вмісту насичених сполук. Інтервал пластичності визначається, головним чином, відношенням

(ароматичні сполуки + смоли) /асфальтени. При його збільшенні, а також при підвищенні вмісту насичених сполук інтервал пластичності зменшується. Розтяжність бітумів при 25 °С зазвичай вище 100 см при відношенні насичені сполуки/асфальтени, що дорівнює 2,3. Зі зниженням цього відношення розтяжність різко зменшується до нуля.

На якість бітуму істотно впливає характеристика масляного компоненту. Із зростанням в'язкості масел підвищуються температури розм'якшеності та крижкості бітуму, зменшується penetрація, переходить через максимум розтяжність. Велику роль грає «ароматичність» масел, тобто відношення числа атомів вуглецю, що знаходяться в ароматичних кільцях, до загального числа вуглецевих атомів в молекулі. За міру ароматичності приймають коефіцієнт розчинювальної здатності  $K_{p.z.}$ . Він дорівнює сумі процентного вмісту атомів вуглецю в ароматичних кільцях і  $\frac{1}{3}$  процентного вмісту атомів вуглецю в нафтових кільцях. Парафінові сполуки, що містяться в мальтевовій фракції, не розчинюють асфальтени, а розчинювальна здатність нафтових сполук в 3 рази менша, ніж ароматичних. Дослідження впливу парафіну на властивості модельних бітумів показали, що з додаванням 5 % (мас.) парафіну ( $t_{пл} = 46$  °С) температура розм'якшеності бітуму знижується з 52 °С до 46 °С, penetрація збільшується від 91 · 0,1 мм до 220 · 0,1 мм, розтяжність знижується від 100 см до 35 см; температура крижкості залишається такою ж. З додаванням до того ж вихідного бітуму до 5 % парафінів ( $t_{пл} = 76$  °С) температура розм'якшеності бітуму підвищується з 52 °С до 61 °С, penetрація – від 91 · 0,1 мм до 127 · 0,1 мм, розтяжність знижується від 100 см до 12 см, а температура крижкості дещо підвищується (від -13 °С до -11 °С). В реальних умовах вплив парафінових вуглеводнів на властивості бітумів дещо інший.

Багаторічна практика показала, що найкращою сировиною для виробництва бітумів є важкі асфальтосмолисті нафти з незначним вмістом

парафіну. найгіршою – малосмолисті високопарафіністі нафти. за придатністю для бітумного виробництва нафти поділяють на три групи:

I група – нафти, найбільш придатні для бітумного виробництва:

- високосмолисті, малопарафіністі:  $(A + C) > 20 \%$ ,  $P \leq 1,5 \%$ ;
- високосмолисті, парафіністі:  $(A + C) > 20 \%$ ,  $P - (1,5 - 6) \%$ ;
- смолисті, малопарафіністі:  $(A + C) - (8 - 20) \%$ ,  $P \leq 1,5 \%$ .

II група - нафти, придатні для бітумного виробництва:

- смолисті, парафіністі:  $(A + C) - (8 - 20) \%$ ,  $P - (1,5 - 6) \%$ ;
- малосмолисті, малопарафіністі:  $(A + C) - (6 - 8) \%$ ,  $P \leq 1,5 \%$ .

III група – нафти, непридатні для бітумного виробництва:

- смолисті, високопарафіністі:  $(A + C) - (8 - 20) \%$ ,  $P > 6 \%$ ;
- малосмолисті, парафіністі:  $(A + C) - (6 - 8) \%$ ,  $P - (1,5 - 6) \%$ ;
- малосмолисті, високопарафіністі:  $(A + C) - (6 - 8) \%$ ,  $P > 6 \%$ .

В Україні використовуються бітуми, отримані з малосмолистих парафіністих нафт, шляхом окислення нафтових залишків (гудронів, мазутів, асфальтів деасфальтизації, екстрактів селективної очистки масел тощо) і сумішевих композицій гудрону з іншими залишковими продуктами нафтопереробки (окислені бітуми).

В залежності від природи і складу сировини, в процесі окислення можуть бути отримані бітуми, які, маючи один однаковий показник, за іншими властивостями та складом різко відрізняються. Так, бітуми з пенетрацією при  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , рівною  $100 \cdot 0,1 \text{ мм}$ , можуть мати температуру розм'якшеності від  $48 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $82 \text{ }^\circ\text{C}$ . Окислені бітуми можна отримувати з нафт, що містять  $5 \%$  (мас.) і більше асфальтено-смолистих речовин; бажано, щоб їх вміст перевищував  $25 \%$  (мас.). У більшості нафт світу вміст асфальтено-смолистих речовин перевищує  $50 \%$  (мас.) і досягає  $70 \%$  (мас.). В даний час бітуми отримують майже зі всіх нафт.

Залежно від природи і консистенції сировини змінюються і властивості окисленого бітуму, перш за все, залежність «температура розм'якшеності-пенетрація». При одній і тій же температурі

розм'якшеності пенетрація і розтяжність бітумів, отриманих окисленням гудрону з однієї і тієї ж нафти, залежать від вмісту масел в гудроні. Пенетрація тим менше, а розтяжність тим більше, чим вище глибина відбору масляних фракцій з мазуту.

Дослідження бакинської і високопарафінистої західноукраїнської нафт показали, що розтяжність бітумів з поглибленням окислення підвищується, досягаючи максимуму, а потім знижується. Характерно, що максимум розтяжності бітумів, отриманих з гудрону з вищою температурою розм'якшеності настає пізніше. У інтервалі температур розм'якшеності бітумів (45 - 50) °С із збільшенням температури розм'якшеності вихідного гудрону розтяжність бітумів підвищується, а пенетрація при 25 °С зменшується.

При зіставленні фізико-технічних властивостей бітумів, що мають однакові температури розм'якшеності і отримані окисленням гудрону з одними і тими ж температурами розм'якшеності, але з різних нафт (Бакинських – високосмолистих, малопарафінистих і західноукраїнських – смолистих, високопарафінистих), видно, що розтяжність бакинських бітумів вища, а глибина проникнення голки нижча, ніж західноукраїнських. Проте якщо збільшити відбір масляних фракцій і таким чином підвищити температуру розм'якшеності вихідного гудрону з високопарафінової нафти, можна отримати окислені бітуми з підвищеною розтяжністю і одночасно із зниженою пенетрацією. Останнє, мабуть, пояснюється тим, що з поглибленням відбору масляних фракцій концентрація нормальних парафінових вуглеводнів знижується, внаслідок чого якість окислених бітумів підвищується.

Дорожні бітуми із західносибірських нафт в порівнянні з бітумами з татарських і башкирських нафт мають на (5 - 10) °С нижче температуру крихкості і на стільки ж ширший інтервал пластичності, але гірші показники розтяжності та адгезійної здатності.



Глибокоокислені бітуми з гудронів суміші західносибірських та суміші татарських нафт з майже однаковим компонентним складом істотно відрізняються один від одного за властивостями, що пояснюється впливом структури компонентів, головним чином асфальтенів, вміст яких сягає (25-35) %.

Бітуми з однаковою температурою розм'якшення, що отримані окисленням гудрону, мають більшу penetрацію при 25 °С, меншу температуру крихкості, розтяжність при 25 °С та когезію в порівнянні з бітумами, що отримані окисленням асфальту деасфальтизації з той же нафти. Це пояснюється вмістом насичених сполук і твердих парафінів в бітумах з асфальтів деасфальтизації, в результаті чого вони мають більший ступінь дисперсності.

Підвищення температури реакції окислення супроводжується приростом температури розм'якшеності бітуму за одиницю часу, внаслідок збільшення швидкості реакції і більш інтенсивного відгону легких фракцій.

При вивченні впливу температури окислення на фізико-технічні властивості бітумів було показано, що при температурі окислення вище, ніж 200 °С швидкість переходу смол в асфальтени перевершує швидкість утворення смол з масел. При температурі окислення вище, ніж 300 °С спостерігається інтенсивне утворення карбенів та карбоїдів, що викликає підвищення температури крихкості і зниження penetрації та розтяжності бітумів.

Вважають, що температура отримання окислених бітумів для кожного виду сировини повинна бути різною. Дослідження показали, що найбільші значення розтяжності та penetрації при 25 °С мають місце при температурі окислення гудрону 250 °С, а мінімальне – при 270 °С. Проміжне положення займають окислені при (210-250) °С. Таким чином, підвищення температури окислення з 210 °С до 250 °С збільшує розтяжність та глибину проникнення голки, а підвищення більше 250 °С –

знижує їх. Отже, підбираючи температуру окислення гудрону, можна отримати бітуми оптимальної якості. У зв'язку з тим, що дорожні бітуми поряд з високою пенетрацією повинні мати більшу розтяжність при 25 °С, окислення гудрону доцільно вести при температурі 250 °С.

При низьких температурах окислення (нижче, ніж 230 °С) вміст кислот  $C_6H_5COOH$  в бітумі при збільшенні окислення підвищується.

Бітуми, що отримані при більш інтенсивному масообміні сировини з киснем повітря при температурі (240 - 250) °С, мають великий інтервал пластичності, тобто більшу теплостійкість та кращу температуру крихкості. При окисленні сировини при більш низькій температурі (170 – 180 °С) отримують бітуми, що мають більшу пластичність при низьких температурах. Тривалість окислення значно впливає на температуру крихкості, деформативні властивості бітумів при низьких температурах та інтервал пластичності. При окисленні до однакових температур розм'якшеності нафтових фракцій різної концентрації спостерігається така тенденція: бітуми, що отримані з малов'язких фракцій, мають більший інтервал пластичності і більш низьку температуру крихкості, а з фракцій з більшою в'язкістю – менший інтервал пластичності та гірші показники температури крихкості.

Таким чином, поряд з умовами процесу окислення значний вплив на властивості бітумів має глибина відбору масляних фракцій з сировини, що окислюється. Із збільшенням глибини відбору масляних фракцій з гудрону властивості бітуму погіршується.

## 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ВЛАСТИВОСТЕЙ БІТУМІВ, ЩО ВИКОРИСТОВУВАЛИСЬ В УКРАЇНІ В 2015 РОЦІ

Згідно з календарним планом договору в 2015 році відібрані та досліджені зразки бітумів марок БНД 60/90, вироблених ПАТ «Укртатнафта» (Україна), Кіровоградською нафтовою компанією (Україна), Рязанським НПЗ (Росія), Куйбишевський НПЗ (Росія), а також марок 70/100 білоруського виробництва (Мозирський НПЗ і Новополоцький НПЗ), які у 2015 році використовувались при будівництві та ремонті автомобільних доріг України.

Дослідження бітумів виконувалось за показниками згідно з ДСТУ 4044. Показники якості, їх умовні позначення та методи випробувань наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Назва показника	Умовне позначення показника	Метод випробування
Глибина проникності голки (пенетрація) за температури 25 °С та 0 °С	$P_{25}, P_0$	ГОСТ 11501
Температура розм'якшеності за кільцем і кулею	$T_p$	ГОСТ 11506
Розтяжність (дуктильність) за температури 25 °С та 0 °С	$D_{25}, D_0$	ГОСТ 11505
Зміна температури розм'якшеності	$\Delta T_p$	ГОСТ 11506
Залишкова пенетрація	$P_{зал}$	ГОСТ 11501
Зчеплюваність зі щебенем	$C$	ДСТУ Б В.2.7-89
Температура крихкості	$T_{кр}$	ГОСТ 11507
Індекс пенетрації	$П$	ДСТУ 4044

Результати випробувань досліджених зразків бітумів різних виробників наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

№ п/п	Марка бітуму	Показники									
		П <sub>25</sub> , 0,1 мм	T <sub>p</sub> , °C	D <sub>25</sub> , см	D <sub>0</sub> , см	Зміна властивостей після прогріття			С, бал	T <sub>кр</sub> , °C	Ш
						Δm, %	ΔT <sub>p</sub> , °C	П <sub>зал</sub> , %			
ПАТ «Укртатнафта»											
1	БНД 60/90	64	49	63	3,4	0,12	3	70	3	-20	-0,88
2	БНД 60/90	68	48	80	3,5	0,16	4	75	3	-21	-0,99
3	БНД 60/90	77	48	67	4,1	0,15	3	68	3	-22	-0,66
4	БНД 60/90	78	48	93	3,4	0,16	2	67	3	-20	-0,63
5	БНД 60/90	72	48	100	4,5	0,18	4	77	3	-22	-0,84
6	БНД 60/90	81	48	>100	3,3	0,14	4	75	2	-19	-0,52
7	БНД 60/90	78	48	74	2,4	0,13	2	73	3	-19	-0,63
8	БНД 60/90	78	50	90	3,1	0,16	2	71	3	-20	-0,08

Продовження таблиці 2.2

№ п/п	Марка бітуму	Показники									
		П <sub>25</sub> , 0,1 мм	Т <sub>р</sub> , °С	Д <sub>25</sub> , см	Д <sub>0</sub> , см	Зміна властивостей після прогріття			С, бал	Т <sub>кр</sub> , °С	П
						Δm, %	ΔТ <sub>р</sub> , °С	П <sub>зал</sub> , %			
9	БНД 60/90	64	50	53	3,0	0,13	3	72	3	-21	-0,61
10	БНД 60/90	61	48	95	4,0	0,17	3	73	2	-21	-1,26
11	БНД 60/90	77	48	81	1,5	0,18	3	71	3	-22	-0,66
12	БНД 60/90	82	51	80	1,0	0,10	1	77	3	-22	0,33
13	БНД 60/90	77	47	53	1,0	0,10	4	74	3	-23	-0,95
14	БНД 60/90	82	49	74	1,5	0,07	1	79	3	-23	-0,21
15	БНД 60/90	84	49	75	1,0	0,10	2	71	2	-22	-0,14
16	БНД 60/90	83	48	85	2,5	0,18	2	70	2	-20	-0,45

Продовження таблиці 2.2

№ п/п	Марка бітуму	Показники									
		P <sub>25</sub> , 0,1 мм	T <sub>p</sub> , °C	D <sub>25</sub> , см	D <sub>0</sub> , см	Зміна властивостей після прогріття			C, бал	T <sub>кр</sub> , °C	Ш
						Δm, %	ΔT <sub>p</sub> , °C	P <sub>зал</sub> , %			
17	БНД 60/90	78	50	94	1,1	0,11	3	67	3	-21	-0,08
18	БНД 60/90	72	50	>100	3,1	0,10	4	69	3	-22	-0,30
19	БНД 60/90	74	51	95	1,0	0,17	2,5	72	3	-21	0,03
20	БНД 60/90	72	50	88	1,2	0,20	5	68	3	-19	-0,30
21	БНД 60/90	73	48	85	1,0	0,18	6	70	3	-20	-0,81
22	БНД 60/90	79	50	100	3,3	0,22	3	72	2	-22	-0,04
23	БНД 60/90	81	49	70	1,2	0,16	3	77	2	-20	-0,24
24	БНД 60/90	67	51	45	1,3	0,18	4	76	3	-22	-0,24

Продовження таблиці 2.2

№ п/п	Марка бітуму	Показники									
		P <sub>25</sub> , 0,1 мм	T <sub>p</sub> , °C	D <sub>25</sub> , см	D <sub>0</sub> , см	Зміна властивостей після прогріття			С, бал	T <sub>кр</sub> , °C	Ш
						Δm, %	ΔT <sub>p</sub> , °C	P <sub>зал</sub> , %			
25	БНД 60/90	72	50	100	1,4	0,17	4	75	2	-21	-0,30
26	БНД 60/90	77	50	81	1,3	0,20	4	71	2	-23	-0,12
27	БНД 60/90	76	50	90	2,0	0,22	3	72	3	-21	-0,15
28	БНД 60/90	66	50	100	2,8	0,22	5	73	2	-22	-0,53
29	БНД 60/90	77	49	100	1,5	0,15	5	69	2	-21	-0,39
30	БНД 60/90	61	48	93	2,5	0,15	2	75	3	-22	-1,26
31	БНД 60/90	67	48	89	3,0	0,13	4	72	3	-23	-1,03
32	БНД 60/90	67	48	96	4,0	0,17	4	73	2	-23	-1,03

Продовження таблиці 2.2

№ п/п	Марка бітуму	Показники									
		P <sub>25</sub> , 0,1 мм	T <sub>p</sub> , °C	D <sub>25</sub> , см	D <sub>0</sub> , см	Зміна властивостей після прогріття			C, бал	T <sub>кр</sub> , °C	Ш
						Δm, %	ΔT <sub>p</sub> , °C	P <sub>зал</sub> , %			
33	БНД 60/90	70	49	52	3,5	0,11	4	73	2	-21	-0,64
34	БНД 60/90	62	48	87	3,0	0,16	4	72	3	-21	-1,22
35	БНД 60/90	67	48	100	4,0	0,17	3	72	2	-22	-1,03
36	БНД 60/90	67	49	79	3,0	0,14	3	73	3	-24	-0,76
37	БНД 60/90	75	47	96	3,5	0,19	3	72	2	-22	-1,02
38	БНД 60/90	70	49	53	3,5	0,10	4	74	3	-23	-0,64



Продовження таблиці 2.2

№ п/п	Марка бітуму	Показники									
		P <sub>25</sub> , 0,1 мм	T <sub>p</sub> , °C	D <sub>25</sub> , см	D <sub>0</sub> , см	Зміна властивостей після прогріття			С, бал	T <sub>кр</sub> , °C	Ш
						Δm, %	ΔT <sub>p</sub> , °C	P <sub>зал</sub> , %			
Новополоцький НПЗ											
39	БНД 60/90	75	50	90	4,5	0,17	3	72	3	-22	-0,19
40	БНД 60/90	77	49	90	4,0	0,19	4	73	3	-22	-0,39
41	БНД 60/90	72	51	94	3,7	0,17	3	74	2	-21	-0,04
42	БНД 60/90	78	49	91	3,5	0,19	4	69	2	-22	-0,35
43	БНД 60/90	71	50	95	3,0	0,15	3	73	3	-21	-0,34
44	БНД 60/90	70	51	95	4,0	0,19	5	71	3	-21	-0,12
45	БНД 60/90	78	48	>100	3,0	0,10	3	68	3	-22	-0,63

Продовження таблиці 2.2

№ п/п	Марка бітуму	Показники									
		П <sub>25</sub> , 0,1 мм	Т <sub>р</sub> , °С	Д <sub>25</sub> , см	Д <sub>0</sub> , см	Зміна властивостей після прогріття			С, бал	Т <sub>кр</sub> , °С	Ш
						Δm, %	ΔТ <sub>р</sub> , °С	П <sub>зал</sub> , %			
46	БНД 60/90	77	48	95	3,0	0,15	3	70	3	-22	-0,66
47	БНД 60/90	76	49	100	3,5	0,14	4	71	3	-21	-0,42
48	БНД 60/90	78	48	98	3,0	0,10	2	67	2	-22	-0,63
49	БНД 60/90	76	49	94	3,4	0,10	3	73	3	-22	-0,42
50	БНД 60/90	75	49	100	3,0	0,18	4	71	2	-21	-0,46
51	БНД 60/90	79	48	98	2,7	0,14	3	69	2	-22	-0,59
52	БНД 60/90	74	50	90	3,0	0,15	4	71	3	-21	-0,23

Продовження таблиці 2.2

№ п/п	Марка бітуму	Показники									
		П <sub>25</sub> , 0,1 мм	Т <sub>р</sub> , °С	Д <sub>25</sub> , см	Д <sub>0</sub> , см	Зміна властивостей після прогріття			С, бал	Т <sub>кр</sub> , °С	Ш
						Δт, %	ΔТ <sub>р</sub> , °С	П <sub>зал</sub> , %			
Кіровоградська нафтова компанія											
53	БНД 60/90	82	49	56	2,4	0,10	5	77	2	-22	-0,21
54	БНД 60/90	86	47	71	4,5	0,15	2	72	3	-22	-0,64
55	БНД 60/90	83	49	80	3,0	0,17	2	72	3	-22	-0,17
56	БНД 60/90	79	49	76	3,5	0,14	4	75	3	-21	-0,31
57	БНД 60/90	82	48	79	2,5	0,15	3	70	3	-20	-0,49
58	БНД 60/90	85	47	69	1,8	0,19	4	76	2	-23	-0,67
59	БНД 60/90	83	48	85	3,0	0,10	2	71	3	-20	-0,45
60	БНД 60/90	85	49	74	2,8	0,17	5	72	3	-22	-0,10

Продовження таблиці 2.2

№ п/п	Марка бітуму	Показники									
		P <sub>25</sub> , 0,1 мм	T <sub>p</sub> , °C	D <sub>25</sub> , см	D <sub>0</sub> , см	Зміна властивостей після прогріття			C, бал	T <sub>кр</sub> , °C	П
						Δm, %	ΔT <sub>p</sub> , °C	P <sub>зал</sub> , %			
61	БНД 60/90	81	48	85	3,5	0,14	3	69	3	-20	-0,52
62	БНД 60/90	78	50	59	3,1	0,17	4	75	2	-21	-0,08
63	БНД 60/90	78	49	78	3,0	0,15	2	72	2	-22	-0,35
64	БНД 60/90	81	48	70	2,5	0,19	4	74	3	-23	-0,52
Куйбишевський НПЗ											
65	БНД 60/90	65	48	90	3,0	0,17	3	73	2	-23	-1,11
66	БНД 60/90	68	48	92	3,0	0,17	3	72	3	-22	-0,99
67	БНД 60/90	64	49	91	2,5	0,15	3	73	3	-23	-0,88
68	БНД 60/90	69	48	93	3,5	0,18	4	75	3	-21	-0,95

Продовження таблиці 2.2

№ п/п	Марка бітуму	Показники									
		П <sub>25</sub> , 0,1 мм	Т <sub>р</sub> , °С	Д <sub>25</sub> , см	Д <sub>0</sub> , см	Зміна властивостей після прогріття			С, бал	Т <sub>кр</sub> , °С	ІІ
						Δm, %	ΔТ <sub>р</sub> , °С	П <sub>зал</sub> , %			
69	БНД 60/90	65	48	94	3,0	0,17	2	72	2	-23	-1,11
70	БНД 60/90	66	48	95	3,0	0,16	3	70	3	-21	-1,07
Мозирський НПЗ											
71	БНД 60/90	75	49	95	3,0	0,18	3	75	4	-27	-0,46
72	БНД 60/90	73	49	96	3,5	0,16	3	74	3	-27	-0,53
73	БНД 60/90	79	48	90	3,0	0,17	4	72	4	-28	-0,59
74	БНД 60/90	80	49	91	3,0	0,17	3	73	4	-27	-0,28
75	БНД 60/90	75	49	90	3,5	0,17	3	75	4	-27	-0,46
76	БНД 60/90	77	50	94	3,0	0,17	3	72	4	-28	-0,12

Продовження таблиці 2.2

№ п/п	Марка бітуму	Показники									
		П <sub>25</sub> , 0,1 мм	Т <sub>р</sub> , °С	Д <sub>25</sub> , см	Д <sub>0</sub> , см	Зміна властивостей після прогріття			С, бал	Т <sub>кр</sub> , °С	Ш
						Δт, %	ΔТ <sub>р</sub> , °С	П <sub>зал</sub> , %			
77	БНД 60/90	76	50	91	3,5	0,16	3	74	4	-28	-0,15
78	БНД 60/90	87	47	90	3,0	0,17	4	74	3	-28	-0,60
79	БНД 60/90	85	47	95	3,0	0,10	3	75	4	-27	-0,67
80	БНД 60/90	84	48	92	3,0	0,17	3	73	3	-27	-0,42
81	БНД 60/90	83	48	90	2,6	0,16	4	74	2	-27	-0,45
82	БНД 60/90	79	49	89	3,5	0,15	3	74	4	-28	-0,31
83	БНД 60/90	77	49	96	3,5	0,17	3	72	2	-28	-0,39
84	БНД 60/90	78	49	90	3,0	0,15	3	73	2	-27	-0,35

Кінець таблиці 2.2

№ п/п	Марка бітуму	Показники									
		P <sub>25</sub> , 0,1 мм	T <sub>p</sub> , °C	D <sub>25</sub> , см	D <sub>0</sub> , см	Зміна властивостей після прогріття			С, бал	T <sub>кр</sub> , °C	Ш
						Δm, %	ΔT <sub>p</sub> , °C	P <sub>зал</sub> , %			
Рязанська нафтова компанія											
85	БНД 60/90	78	48	>100	3,0	0,10	3	68	3	-19	-0,63
86	БНД 60/90	77	49	95	3,0	0,15	3	70	3	-19	-0,39
87	БНД 60/90	76	49	100	3,5	0,14	4	71	3	-20	-0,42
88	БНД 60/90	78	48	98	3,0	0,10	2	67	2	-18	-0,63
89	БНД 60/90	76	48	94	3,4	0,10	3	73	3	-20	-0,70
90	БНД 60/90	75	49	100	3,0	0,18	4	71	2	-18	-0,46
91	БНД 60/90	79	47	98	2,7	0,14	3	69	2	-19	-0,88
92	БНД 60/90	74	49	90	3,0	0,15	4	71	3	-19	-0,49

В 2015 році в Україні найбільш широко використовувались бітуми ПАТ «Укртатнафта». Бітуми цього НПЗ отримано із Запорізької, Донецької, Сумської, Львівської, Кіровоградської, Харківської, Черкаської, Рівненської, Полтавської та Хмельницької областей.

Усі зразки бітумів, що досліджувались належали до марки БНД 60/90 і мали пенетрацію при 25 °С від 61 · 0,1 мм до 84 · 0,1 мм.

Температура розм'якшеності усіх випробуваних зразків відповідала вимогам ДСТУ 4044. Усереднена залежність температури розм'якшеності від пенетрації наведена на рисунку 2.1.

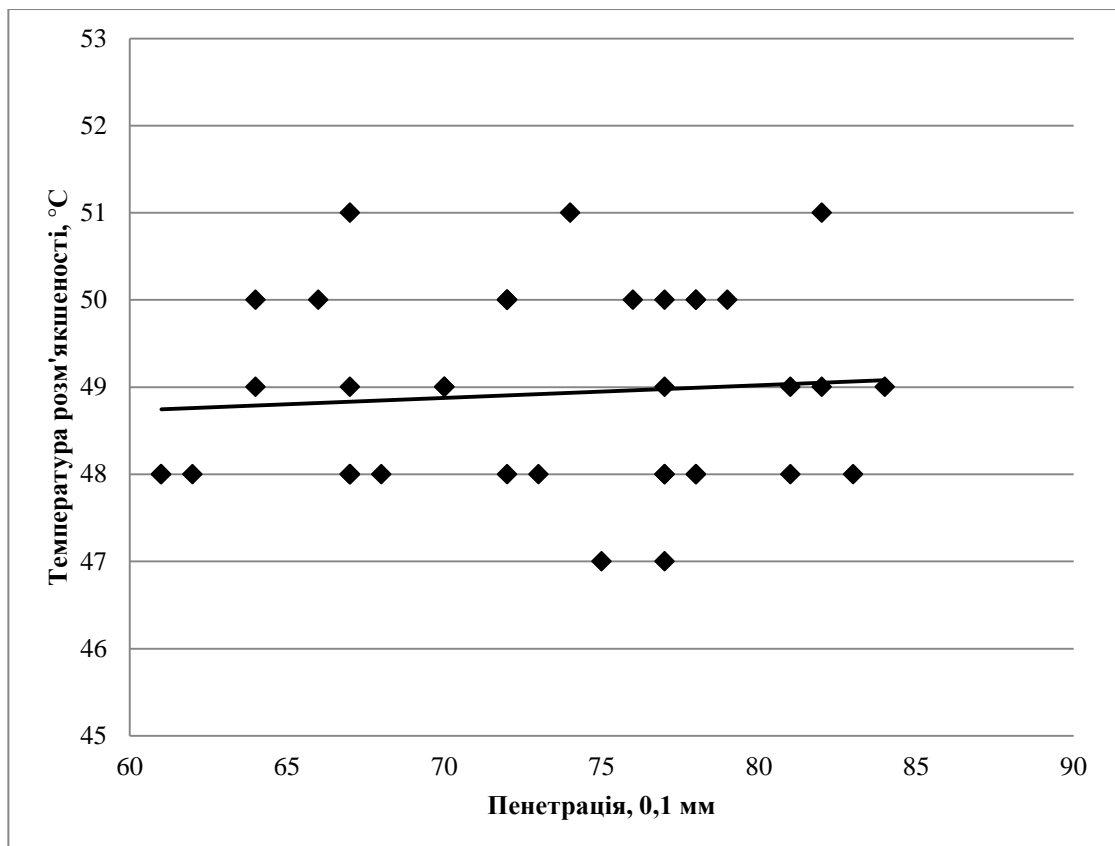


Рисунок 2.1 – Залежність температури розм'якшеності бітумів ПАТ «Укртатнафта» від їх пенетрації

Слід відзначити, що на початку будівельного сезону бітуми ПАТ «Укртатнафта» відзначались помірною теплостійкістю. Так, бітуми з пенетрацією при 25 °С в діапазоні від 64 · 0,1 мм до 78 · 0,1 мм мали температуру розм'якшеності (47 - 49) °С. В подальшому теплостійкість зростає. Якщо порівнювати бітуми однакової в'язкості, що надійшли до та після травня місяця, то у більшості випадків температура розм'якшеності



останніх підвищилася на (1 - 2) °С і стала (48 - 51) °С. Наприкінці серпня температура розм'якшеності в'язучих знову трохи знизилася (до 48 °С).

Слід зазначити, що в порівнянні з 2014 роком бітуми виробництва 2015 року мають дещо низьку теплостійкість. Так, якщо максимальна температура розм'якшеності бітумів в 2014 році сягала 54 °С, то в 2015 році - 51 °С.

Максимальний розкид значень температури розм'якшеності однієї в'язкості становив 4 °С. Разом з цим різниця значень пенетрації при однаковій температурі розм'якшеності дорівнювала  $23 \cdot 0,1$  мм.

Загальновідомим є той факт, що більш в'язкі бітуми (тобто такі, що мають нижчу пенетрацію при 25 °С) мають більш високу температуру розм'якшеності і навпаки, менш в'язкі бітуми характеризуються нижчою теплостійкістю. Але це є цілком справедливим для бітумів виготовлених з однієї сировини, за однаковими технологічними параметрами і які, як наслідок, мають однаковий груповий хімічний склад.

Бітуми, отримані із різної сировини, з різним складом та структурою при однаковій в'язкості можуть мати різні значення температури розм'якшеності, або ж спостерігаються більш крайні випадки, коли бітуми більшої в'язкості характеризуються меншою температурою розм'якшеності.

Такі відхилення призводять до зміни загальної тенденції взаємозв'язку пенетрація – температура розм'якшеності аж до протилежної, як це видно на прикладі бітумів ПАТ «Укртатнафта».

Таким чином слід зазначити, що на показник температура розм'якшеності наряду із в'язкістю, вирішальну роль відіграє склад та будова бітуму.

Усе зазначене є наслідком використання на даному виробництві різної сировини та пов'язаних з цим коливань технічних параметрів приготування бітумів.

Розтяжність бітумів ПАТ «Укртатнафта» при 25 °С в 2015 році відзначалась нестабільністю. Її значення коливались від 45 см до 100 см. Тобто в окремих випадках значення розтяжності при 25 °С не відповідали вимогам ДСТУ 4044 (від 45 до 53 см проти 60 см згідно ДСТУ 4044). Низька розтяжність при 25 °С свідчить про занижену когезійну міцність бітумів і є ознакою недостатньої кількості в них стиртобензольних смол, які в даному випадку окислились до асфальтенів. Загалом за цією характеристикою рівень якості бітумів в 2015 році в порівнянні з минулим роком не покращився.

Низькотемпературна поведінка бітумів характеризується температурою крихкості та розтяжністю за температури 0 °С.

Розтяжність бітумів при 0 °С у першій половині 2015 року відповідала вимогам ДСТУ 4044 і знаходилась в діапазоні від 3,1 см до 4,5 см. В липні практично в усіх бітумах, що надходили на випробування, значення цього показника знизилися до (1,0 - 1,5) см, що не відповідає вимогам ДСТУ 4044 (не менше 3 см). Такі низькі значення розтяжності при 0 °С є ознакою прискореної втрати бітумом пластичних властивостей при зниженні температури та переходу у склоподібний стан. Це свідчить про недостатній вміст бензольних смол та надмірну кількість низькомолекулярних парафінів. Такі парафіни при низьких температурах кристалізуються, що призводить до погіршення деформативної здатності бітумів. Скоріше за все це з використанням малосмолистих парафінистих нафт. Вказана проблема є актуальною для ПАТ «Укртатнафта» на протязі останніх декількох років, але вона може бути вирішена шляхом правильного підбору продуктів нафтопереробки при підготовці сировини, додержання м'яких режимів приготування бітумів (тобто виготовляти бітуми при більш низьких температурах, що дозволить зберігати ароматичні та смолисті фракції), а також забезпечення відбору та видалення парафінів.

Температура крихкості бітумів ПАТ «Укртатнафта» на протязі року складала від мінус 19 °С до мінус 25 °С, що відповідає вимогам ДСТУ 4044. Така не надто занижена температура крихкості свідчить про помірний вміст парафіно-нафтової фракції. Загальновідомою є тенденція зниження температури крихкості із зменшенням в'язкості бітуму. Разом з тим температура крихкості є більш стабільною і не такою чутливою до зміни пенетрації бітуму при 25 °С як температура розм'якшеності. В певних випадках спостерігалось відхилення від загального характеру взаємозв'язку між цими показниками (рисунок 2.2). Так, деякі зразки бітумів при більшій пенетрації за температури 25 °С мали вищу температуру крихкості, що імовірно є наслідком використання різної сировини та пов'язаних з цим коливань технологічних параметрів приготування бітумів на ПАТ «Укртатнафта». Можна сказати, що на температуру крихкості в більшій мірі впливає склад сировини та технологія приготування бітумів ніж його в'язкість.

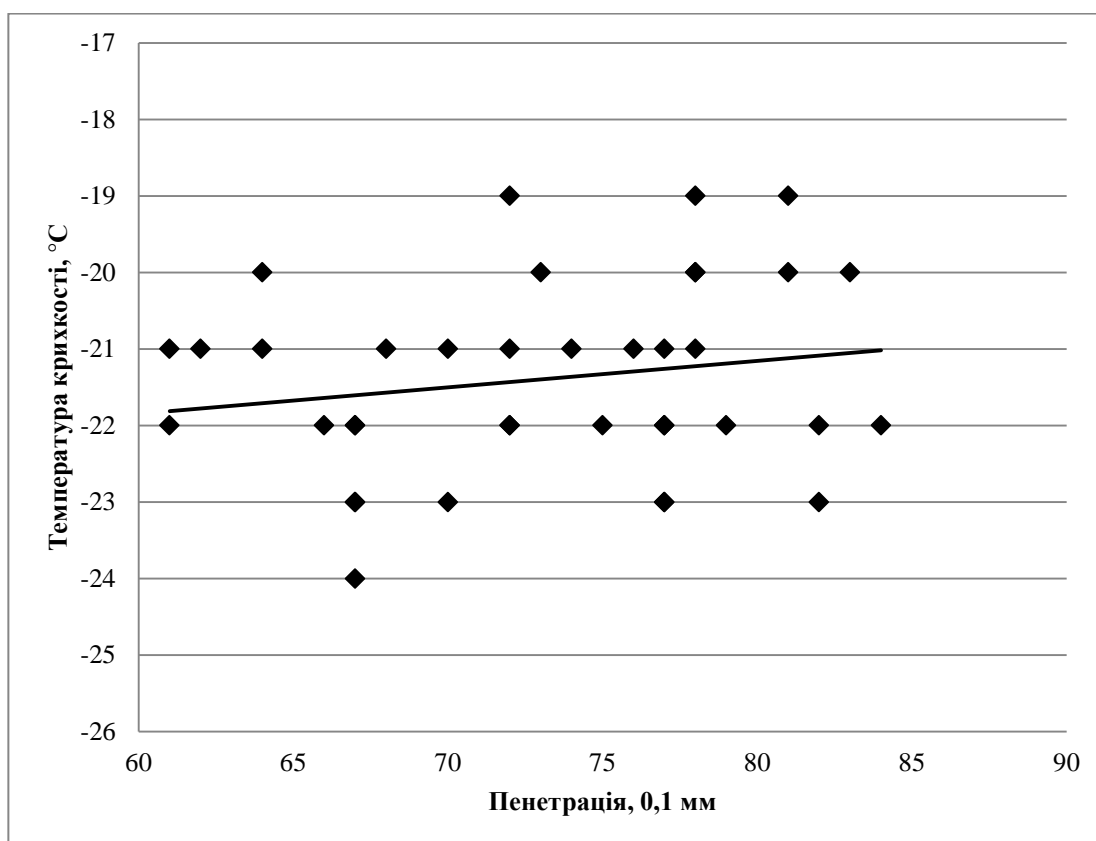


Рисунок 2.2 – Залежність температури крихкості бітумів ПАТ «Укртатнафта» від їх пенетрації

Бітуми ПАТ «Укртатнафта» мають помірну схильність до старіння і за цією характеристикою відповідають вимогам ДСТУ 4044. Зміна маси становить (0,11 - 0,22) % (за вимогами стандарту не більше 0,8 %), зміна пенетрації при 25 °С – від 67 % до 79 % (за нормою не менше 60 %), зміна температури розм'якшеності від 2 °С до 5°С (за нормою не більше 6 °С).

Зчеплюваність бітуму зі щебенем складає (2 - 3) бали, що свідчить про досить слабку адгезійну здатність бітумів.

Результати випробувань свідчать, що ПАТ «Укртатнафта» вдається забезпечити потрібні фізико-технічні характеристики бітумів, але лише при постачанні стабільної сировини та дотриманні відповідних вимог як до підбору сировини так і до технічних параметрів приготування бітумів. Нажаль це не завжди має місце.

Бітуми Мозирського НПЗ в 2015 році використовувались в значно менших обсягах ніж в 2014 році і менше ніж бітуми ПАТ «Укртатнафта».

В Україну постачались бітуми марки 70/100, що в усіх випадках за пенетрацією при 25 °С відповідали вимогам ДСТУ 4044 відповідно до марки БНД 60/90.

Усі бітуми, що випробовувалися мали близькі значення пенетрації при 25 °С, які коливалися від 75 · 0,1 мм до 83 · 0,1 мм (тобто діапазон змін становив 8 · 0,1 мм).

Відповідно до значень пенетрації при 25 °С бітуми Мозирського НПЗ мали досить високу теплостійкість (рисунок 2.3). Температура розм'якшеності практично в усіх випадках становила (48 – 50) °С. В порівнянні з бітумами ПАТ «Укртатнафта» бітуми Мозирського НПЗ однакової в'язкості мали більш високу температуру розм'якшеності. Крім того бітуми Мозирського НПЗ на протязі року мали більш стабільні показники пенетрації при 25 °С та температури розм'якшеності ніж бітуми ПАТ «Укртатнафта».

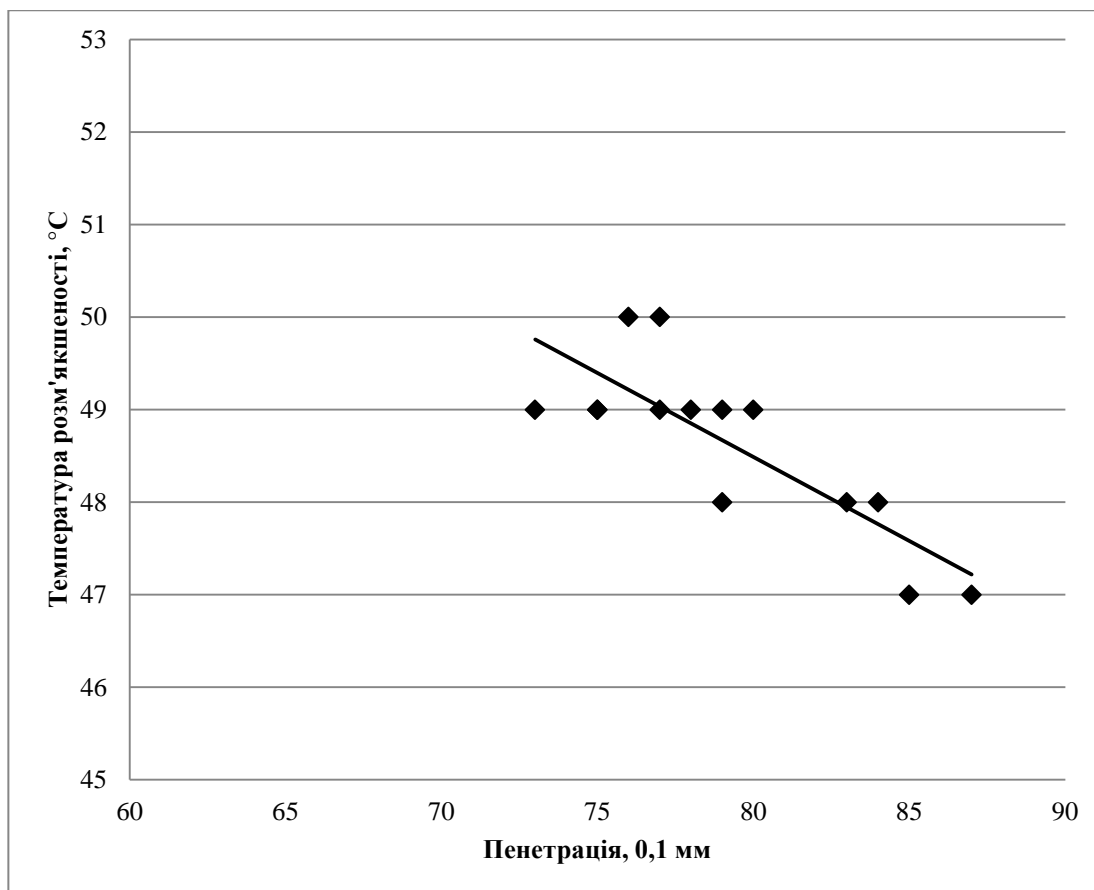


Рисунок 2.3 – Залежність температури розм'якшеності бітумів Мозирського НПЗ від їх пенетрації

Бітуми Мозирського НПЗ відзначаються високою розтяжністю при 25 °С, яка складає (89 - 96) см. Це вказує на достатній вміст спиртобензольних смол та опосередковано свідчить про достатню когезійну міцність бітумів.

За такою низькотемпературною характеристикою як розтяжність при 0 °С практично усі зразки бітумів відповідають вимогам ДСТУ 4044, хоча і на нижній межі вимог стандарту (від 3,0 см до 3,5 см при нормі не менше 3,0 см).

Температура крижкості бітумів Мозирського НПЗ є досить низькою і коливається від мінус 27 °С до мінус 28 °С, чіткої залежності між пенетрацією та температурою крижкості не спостерігається (рисунок 2.4).

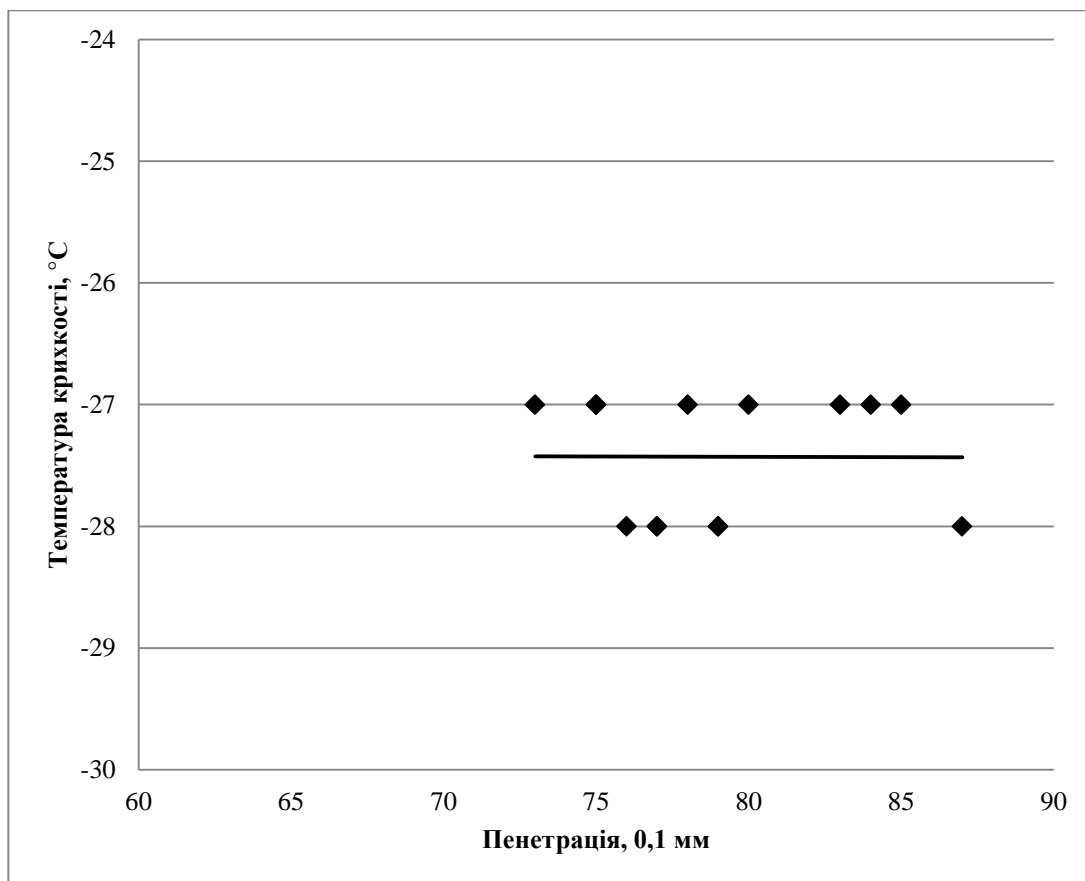


Рисунок 2.4 – Залежність температури крихкості бітумів Мозирського НПЗ від їх пенетрації

Ймовірно це пов'язано по-перше з незначними змінами самої пенетрації (в діапазоні лише  $12 \cdot 0,1$  мм), що помітно не впливає на температуру крихкості, яка є малочутливою до зміни в'язкості бітуму. По-друге завдяки стабільності сировини та технології приготування зразки бітумів мають однакову природу (на відміну від бітумів ПАТ «Укртатнафта»), які насамперед впливають на температуру крихкості. Досить низькі значення температури крихкості свідчать про значний вміст у бітумах парафіно-нафтової фракції.

Бітуми Мозирського НПЗ мають помірну схильність до старіння. Так зміна маси становить (0,15 - 0,18) %, залишкова пенетрація (72 - 75) %, а зміна температури розм'якшеності (2 - 3) °C. За цими показниками бітуми значно переважають вимоги ДСТУ 4044.

Значення зчеплюваності бітуму зі щебенем мають доволі значний розкид (від 2 балів до 4 балів), що імовірно свідчить про помітне

коливання у в'язучому вмісту активних речовин (в тому числі і поверхнево-активних як катіонних, так і аніонних).

В порівнянні з 2014 роком рівень якості бітумів Мозирського НПЗ, вироблених в 2015 році, практично не змінився і залишається достатньо високим.

Приклад Мозирського НПЗ свідчить, що навіть з парафінистих малосмолистих нафт за умови стабільності їх складу, правильному підборі компонентів, раціональній схемі виробництва та оптимізації технологічних параметрів окислення можливо отримати бітуми з необхідними реологічними та фізико-технічними характеристиками.

Зразки бітумів Кіровоградської нафтової компанії, що випробовувалися в ДП «ДерждорНДІ» належали до марки БНД 60/90 і мали пенетрацію при 25 °С від 78 · 0,1 мм до 86 · 0,1 мм.

За такої пенетрації бітуми мають достатньо високу теплостійкість. При достатньо близьких значеннях пенетрації (тобто практично однаковій в'язкості) температура розм'якшеності коливалась від 47 °С до 50 °С (рисунок 2.5). При цьому чіткої залежності між цими двома показниками не спостерігалось.

Це може бути свідченням відмінностей складу, властивостей та технологічних параметрів переробки мазуту різних виробників, який є сировиною для отримання бітумів.

В 2015 році бітуми Кіровоградської нафтової компанії відзначались посередньою та нестабільною розтяжністю при 25 °С, яка у ряді випадків не відповідає вимогам ДСТУ 4044 (її значення становить від 56 см до 75 см). Це вказує на недостатній вміст у бітумах спиртобензольних смол і як наслідок невисоку когезійну їх міцність.

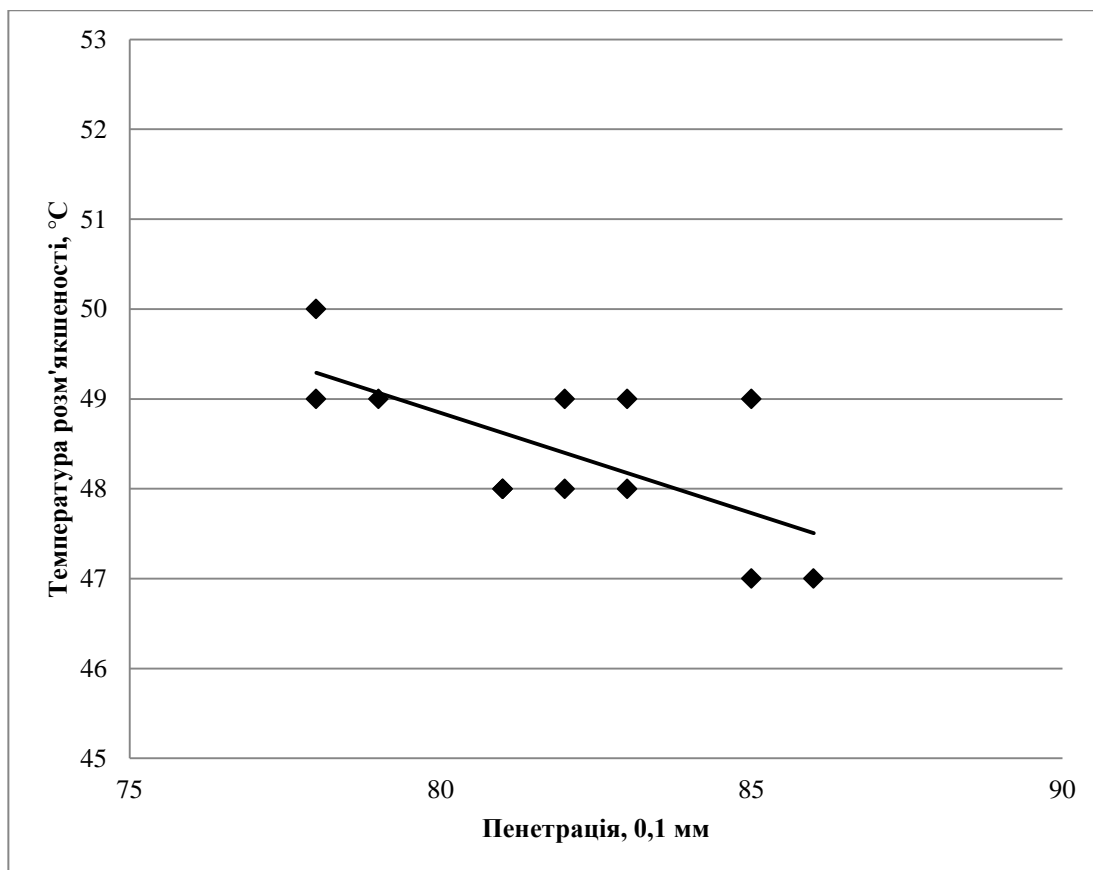


Рисунок 2.5 – Залежність температури розм'якшеності бітумів Кіровоградської нафтової компанії від їх пенетрації

Низькотемпературні характеристики бітумів даного виробника мають специфічні особливості. Так, частина бітумів мала задовільну розтяжність при 0 °C (від 3,5 см до 4,5 см), в іншій вона була нижче вимог ДСТУ 4044 (від 1,8 см до 2,5 см). Низьку розтяжність при 0 °C можна пояснити надмірним вмістом низькомолекулярних парафінів та нестачею бензольних смол.

Температура крихкості є достатньо низькою (від мінус 20 °C до мінус 22 °C) (рисунок 2.6), що свідчить про наявність значної кількості парафіно-нафтової фракції вуглеводів при обмеженому вмісті смол.



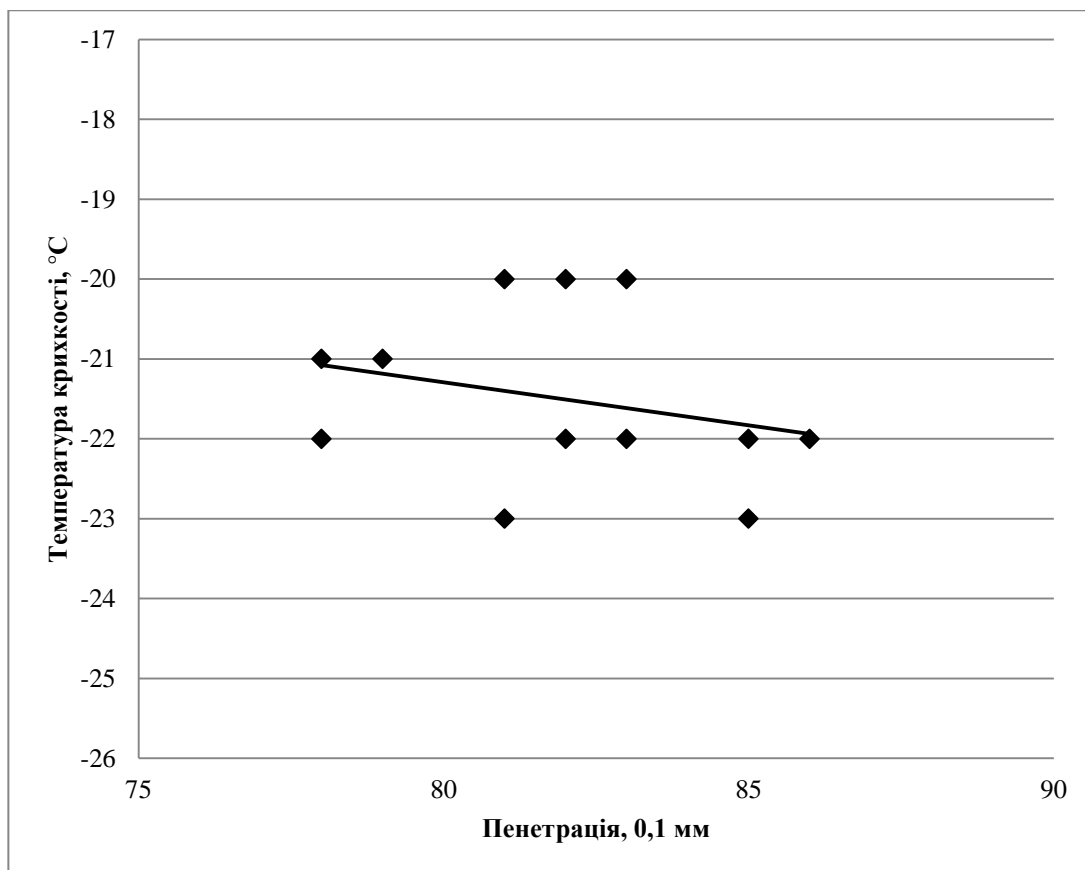


Рисунок 2.6 – Залежність температури крихкості бітумів Кіровоградської нафтової компанії від їх пенетрації

Після стандартного прогріття зміна температури розм'якшеності складала (2 - 5) °C, маси – від 0,1 % до 0,15 %, залишкова пенетрація становила (72 - 77) %. Це вказує на достатню, хоча і дещо нестабільну стійкість бітумів до старіння.

Зчеплення бітумів із щебенем у більшості випадків є незадовільним. Недостатня адгезійна активність в'язучих пов'язана з малим вмістом ароматичних та смолистих фракцій.

В порівнянні з 2014 роком якість бітумів Кіровоградської нафтової компанії у ряді випадків за наявними показниками поліпшилася. Разом з тим залишились невирішені питання підбору сировини, яка є малосмолистою, має парафіно-нафтену основу і не завжди дозволяє отримувати бітуми з високими структурно-реологічними характеристиками.

В 2015 році бітум Нафтан Новополицького НПЗ постачався в Україну епізодично. Зразки бітуму Новополицького НПЗ мали близькі значення пенетрації при 25 °С з різницею  $7 \cdot 0,1$  мм (від  $73 \cdot 0,1$  мм до  $80 \cdot 0,1$  мм).

Температура розм'якшеності при цьому становила (48 - 50) °С, що свідчить про достатню теплостійкість бітуму. Щільні значення пенетрації при 25 °С та температури розм'якшеності вказують на стабільну сировину та відпрацьованість технології приготування бітумів (рисунок 2.7).

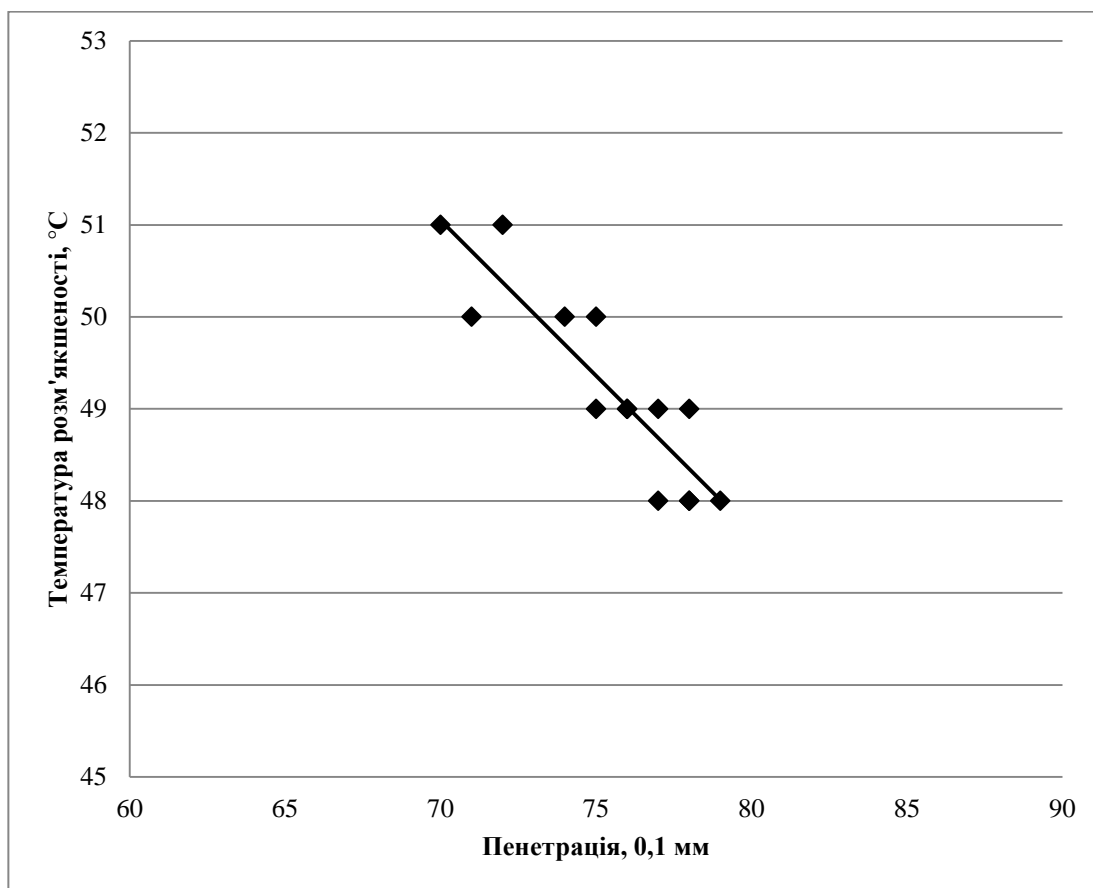


Рисунок 2.7 – Залежність температури розм'якшеності бітумів Новополицького НПЗ від їх пенетрації

Бітуми Новополицького НПЗ відзначаються високими значеннями розтяжності при 25 °С (від 90 см до 100 см і більше), що є свідченням достатнього вмісту в ньому смолистих фракцій зокрема спиртобензольних смол, які забезпечують когезійну міцність в'язучого.

Бітуми Новополицького НПЗ мають непогані низькотемпературні характеристики. Розтяжність при 0 °С суттєво перевищує вимоги

ДСТУ 4044 (від 3,8 до 4,7 см при нормі більше 3,0 см). Також доволі низькою є температура крихкості - від мінус 21 °С до мінус 24 °С (рисунок 2.8), що набагато нижче вимог ДСТУ 4044 (не вище мінус 12 °С).

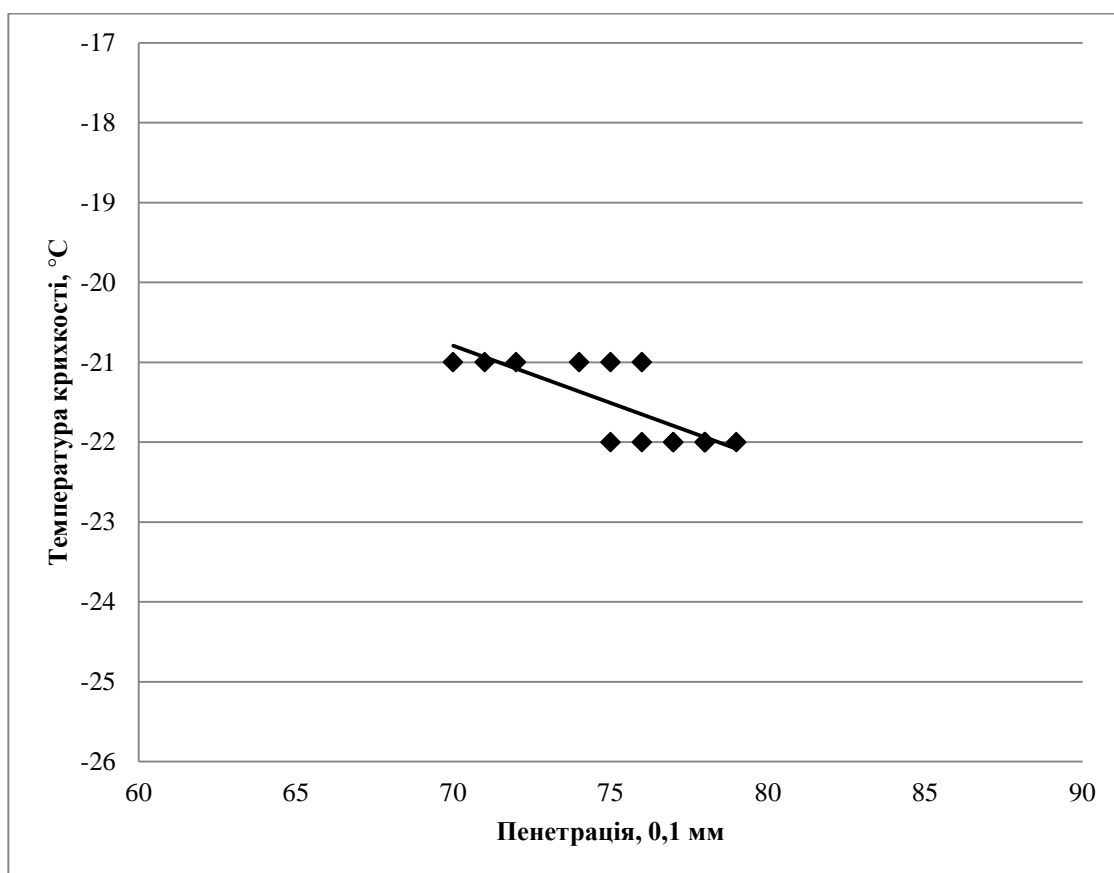


Рисунок 2.8 – Залежність температури крихкості бітумів Новополоцького НПЗ від їх пенетрації

Результати випробувань вказують на досить збалансований груповий хімічний склад бітумів Новополоцького НПЗ з раціональними співвідношеннями асфальтенів, спиртобензольних і бензольних смол, ароматичної та парафіно-нафтової фракції, а також помірним вмістом низькомолекулярних парафінів.

Бітуми Новополоцького НПЗ є достатньо стійкими до старіння. Зміна маси при стандартному прогрітті становить (0,1 - 0,19) %, різниця температури розм'якшеності (2 – 4) °С, залишкова пенетрація (71 - 78) %.

Адгезійна здатність бітумів у більшості випадків посередня (3 бали), що вказує на обмежений вміст поверхнево активних речовин.

На сьогоднішній день бітуми Новополицького НПЗ можна віднести до найкращих серед тих, що використовуються в Україні.

В 2015 році в Україні епізодично були представлені бітуми російського виробництва, зокрема Рязанської нафтової компанії та Куйбишевського НПЗ.

Бітуми Рязанської нафтової компанії, що постачались в Україну належали до марки БНД 60/90 з пенетрацією при 25 °С від  $74 \cdot 0,1$  мм до  $81 \cdot 0,1$  мм. Зважаючи на в'язкість ці бітуми мають помірну температуру розм'якшеності - від 47 °С до 49 °С (рисунок 2.9).

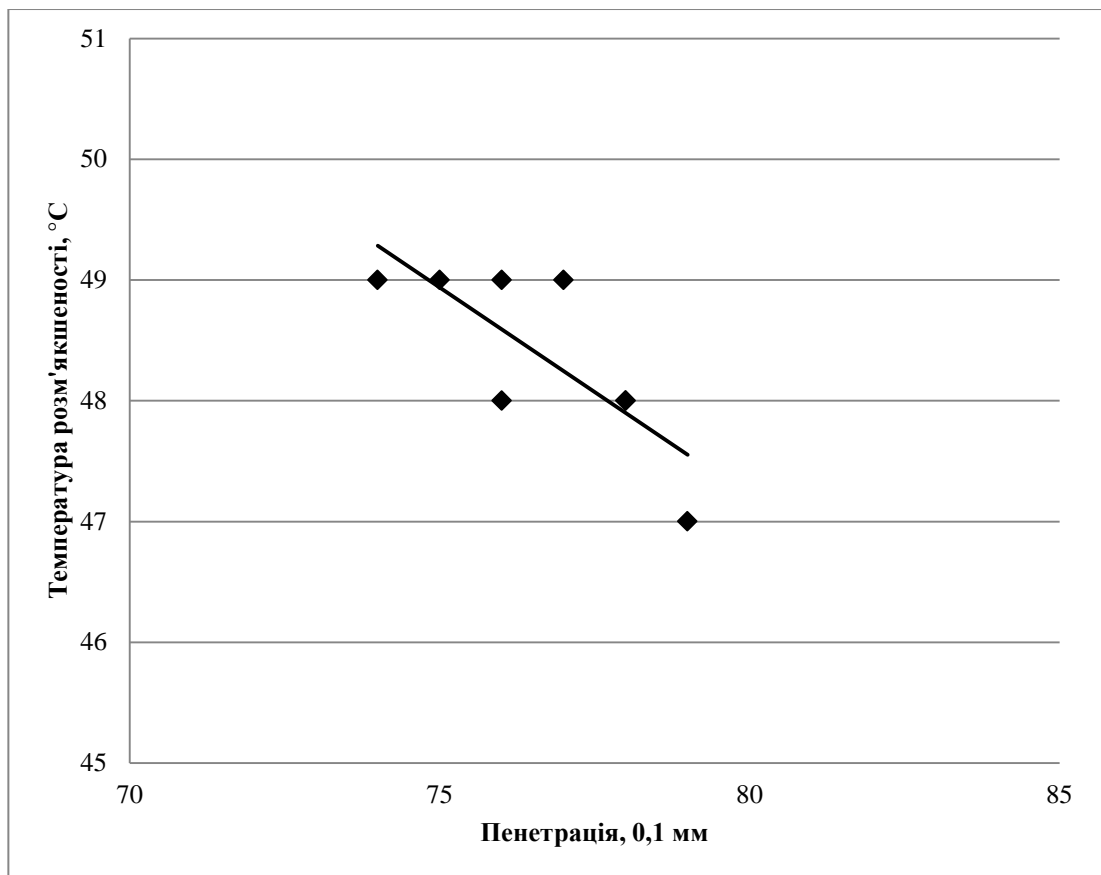


Рисунок 2.9 – Залежність температури розм'якшеності бітумів Рязанської нафтової компанії від їх пенетрації

Бітумам притаманна висока розтяжність при 25 °С (більше 95 см), що вказує на їх достатню когезійну міцність, обумовлену потрібним вмістом спиртобензольних смол. Розтяжність бітуму при 0 °С знаходиться на межі вимог ДСТУ 4044 (близько 3 см). Це є ознакою обмеженої

кількості бензолних смол та підвищеного вмісту низькомолекулярних парафінів.

В порівнянні з іншими в'язучими для бітумів Рязанської нафтової компанії характерна не надто низька температура крихкості - від мінус 19 °С до мінус 20 °С (рисунок 2.10), що є свідченням обмеженого вмісту парафіно-нафтової фракції.

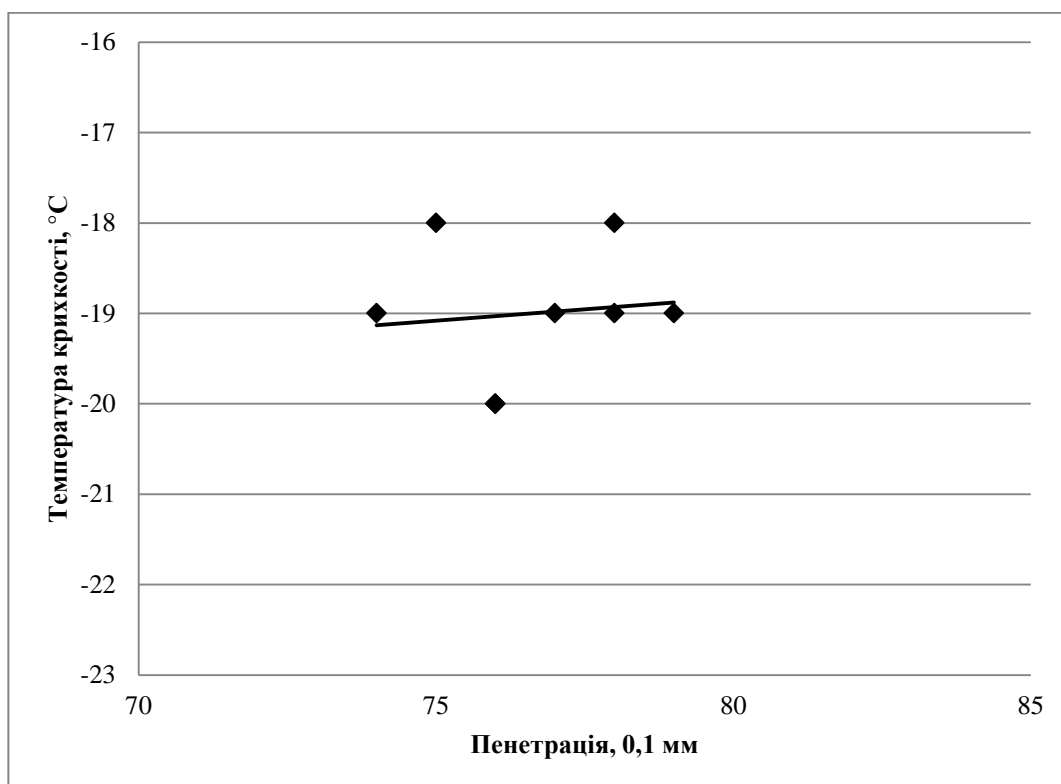


Рисунок 2.10 – Залежність температури крихкості бітумів Рязанської нафтової компанії від їх пенетрації

Бітуми є помірно стійкими до старіння. Маса після стандартного прогріття змінюється на (0,1 - 0,16 %), температура розм'якшеності на (2 - 4) °С, а залишкова пенетрація коливається від 67 % до 73 %. Адгезія бітуму до щебеню невисока (від 2 до 3 балів).

Бітуми Куйбишевського НПЗ мали пенетрацію при 25 °С наближену до нижньої межі марки БНД 60/90 (від 65 · 0,1 мм до 69 · 0,1 мм). Зважаючи на доволі велику в'язкість ці бітуми мали низьку як для окислених в'язучих температуру розм'якшеності – від 48 °С до 49 °С (рисунок 2.11). Це може свідчити про зменшений вміст у в'язучому асфальтенів.

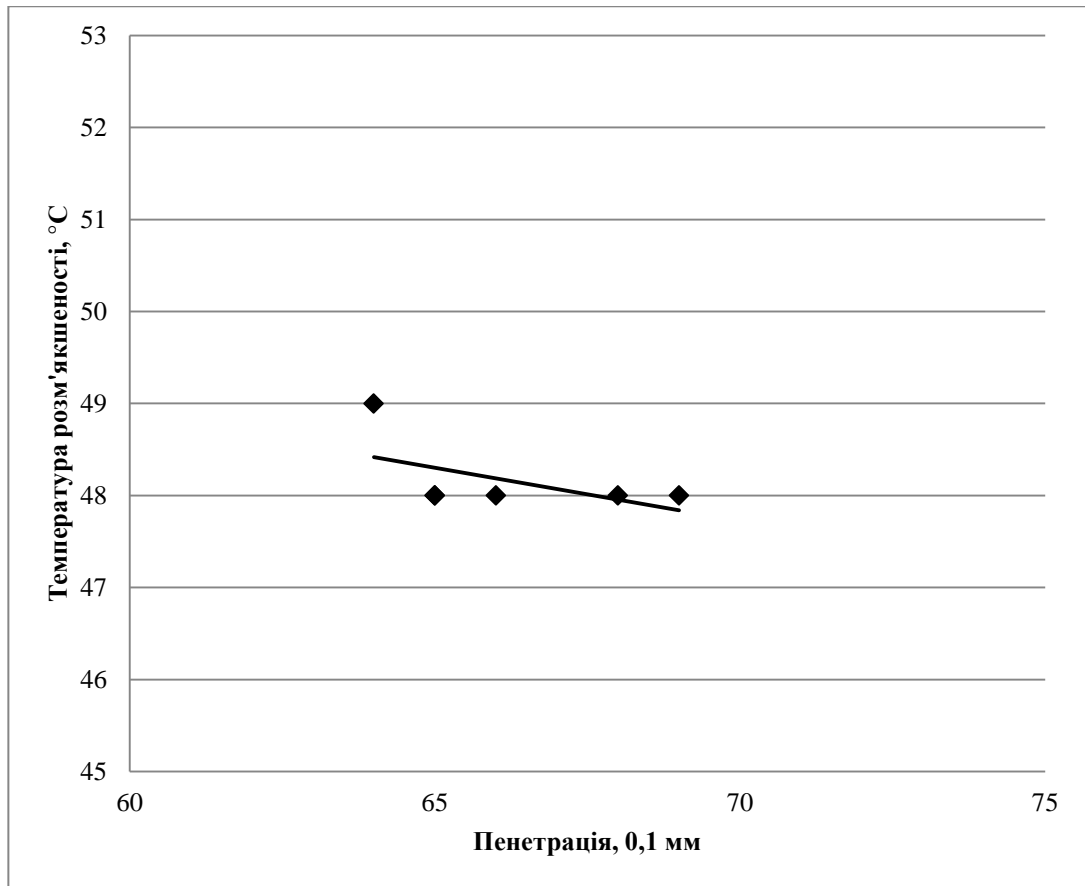


Рисунок 2.11 – Залежність температури розм'якшеності бітумів Куйбишевського НПЗ від їх пенетрації

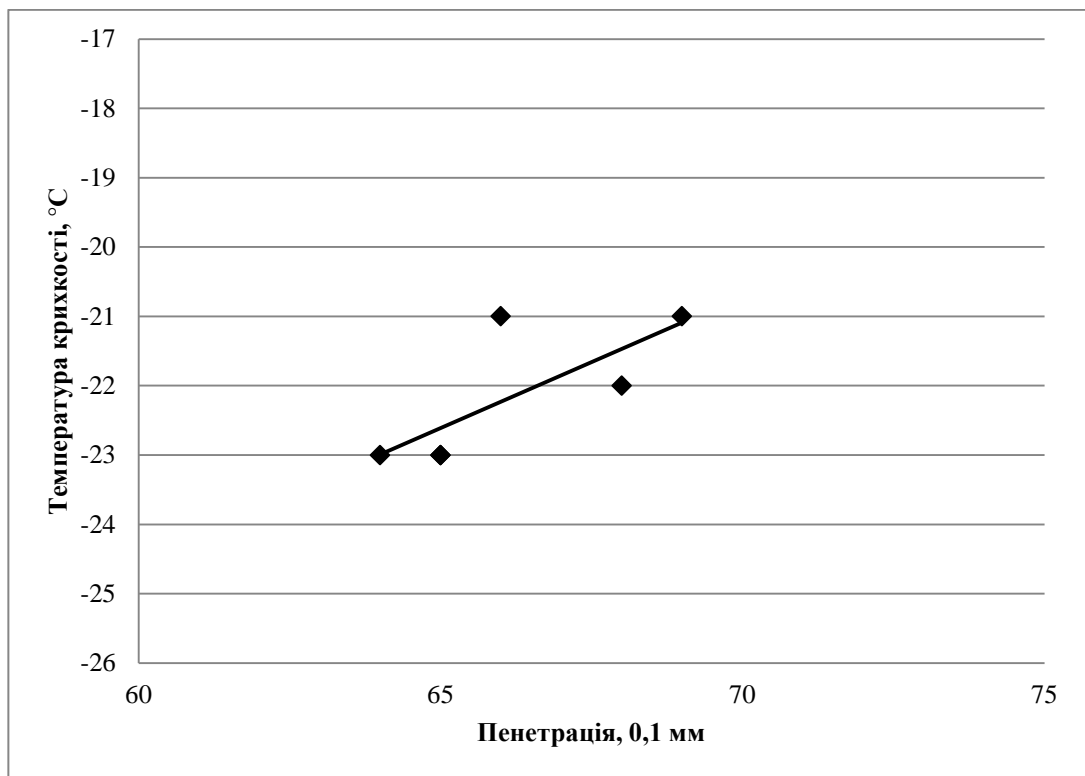


Рисунок 2.12 – Залежність температури крихкості бітумів Куйбишевського НПЗ від їх пенетрації

Бітуми Куйбишевського НПЗ відзначаються дещо нижчою ніж у бітумах Рязанської нафтової компанії температурою крихкості (мінус 22 °С проти мінус 19 °С), що вказує на більший вміст парафіно-нафтової фракції (рисунок 2.12). За іншими характеристиками бітуми обох російських НПЗ є близькими.

### 3 ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНИХ БІТУМІВ

Дослідження показали, що в 2015 році в Україну надходили бітуми марки БНД 60/90 з пенетрацією при 25 °С від 65 · 0,1 мм до 85 · 0,1 мм. У переважній більшості випадків за своїми фізико-технічними характеристиками в'язучі задовольняли вимоги ДСТУ 4044.

Бітуми усіх виробників відзначились достатньою теплостійкістю (мали температуру розм'якшеності від 47 °С до 51 °С). Це можна пояснити достатнім вмістом в них асфальтенів. Найвищу температуру розм'якшеності в порівнянні з бітумами такої ж в'язкості інших НПЗ мали бітуми Новополицького НПЗ, найнижчу – Куйбишевського НПЗ.

Залежність температури розм'якшеності бітумів від їх пенетрації наведена на рисунку 3.1.

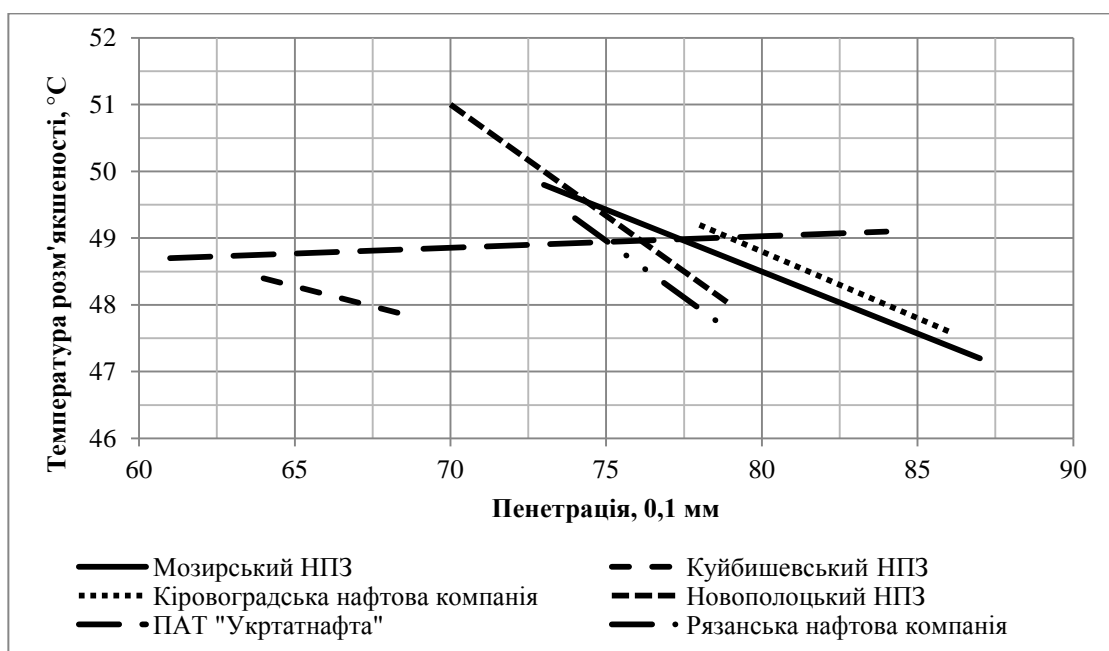


Рисунок 3.1 – Залежність температури розм'якшеності бітумів від їх пенетрації

Для бітумів усіх виробників (окрім Мозирського НПЗ) характерна помірна низька температура крихкості (від мінус 19 °С до мінус 24 °С), що вказує на певну збалансованість вмісту парафіно-нафтової, ароматичної та смолистої фракції. Температуру крихкості бітумів Мозирського НПЗ сягає мінус 27 °С, що свідчить про збільшений вміст парафіно-нафтоених вуглеводнів.

Бітуми, що постачались з Новополицького, Мозирського, Куйбишевського НПЗ та Рязанської нафтової компанії показали високу розтяжність при 25 °С (90 см і більше), що вказує на наявність в них достатньої кількості спирто-бензольних смол, які забезпечують в'язучим необхідну когезійну міцність.

Розтяжність за цієї температури бітумів ПАТ «Укртатнафта» та Кіровоградської нафтової компанії мала значний розкид і у ряді випадків не відповідала вимогам ДСТУ 4044.

Найбільшу розтяжність при 0 °С мають бітуми Новополицького НПЗ (від 3,8 см до 4,5 см). Бітуми інших НПЗ мають розтяжність при 0 °С переважно близьку до межі норм ДСТУ 4044 (від 3,0 см до 3,5 см), а в деяких випадках і нижче неї (бітуми ПАТ «Укртатнафта» та Кіровоградської нафтової компанії). Це є свідченням надмірно високого вмісту низькомолекулярних парафінів, які кристалізуються при більш високих, ніж інші сполуки бітумів, температурах і тим самим руйнують структуру бітумів та призводять до втрати ними пластичних властивостей.

На відміну від 2014 року, для більшості бітумів, що використовувались в 2015 році характерна невисока адгезійна активність, наслідком чого є їх низькі показники зчеплення зі щебенем, які становлять (2 - 3 бали). Виключенням є бітуми Мозирського НПЗ, зчеплюваність яких зі щебенем сягає 4 балів, що свідчить про наявність в них певного вмісту активних речовин.

За комплексом характеристик найкращі показники якості мають бітуми Новополицького НПЗ. Вони мають найвищу температуру



розм'якшеності та найбільшій розтяжності при 25 °С та 0 °С. Це свідчить про найбільш збалансований груповий склад бітумів, що наряду з високою теплостійкістю та когезійною міцністю забезпечує зберігання пластичних властивостей бітуму при низьких температурах і як наслідок підвищену їх низькотемпературну тріщиностійкість.

Близькими за якістю до бітумів Новополицького НПЗ є бітуми виробництва Мозирського НПЗ. Перевагою цих бітумів є краще зчеплення зі щебенем (в переважній більшості воно становить 4 бали). Проте вони мають дещо нижчу розтяжність при 0 °С (від 3 см до 3,5 см).

Слід зазначити, що сировиною для отримання окислених бітумів є залишки переробки парафінистої нафти для яких характерна парафіно-нафтенова основа та низький ступінь смолистості. Але і з таких нафт можна отримати бітуми із збалансованим складом та необхідними реологічними властивостями при забезпеченні відповідної підготовки сировини та правильно підібраних технологічних параметрів окислення, про що свідчить приклад Новополицького та Мозирського НПЗ.

Як і в 2014 році бітуми, що виготовлялись в ПАТ «Укртатнафта» в цьому році відзначались нестабільною якістю. Невисока, в окремих випадках, розтяжність при 25 °С є ознакою малої когезійної міцності і вказує на недостатній вміст бензольних та спиртобензольних смол. В бітумах випущених в липні цього року, внаслідок проблем з наявністю сировини необхідної якості, спостерігалось різке зниження розтяжності при 0 °С, що свідчить про нестачу бензольних смол та надлишок низькомолекулярних парафінів.

Загалом же бітуми цього виробництва відзначаються досить високою теплостійкістю, незначною схильністю до старіння та помірно низькою температурою крихкості. Заводу вдається забезпечити належну якість бітумів, але лише при стабільному постачанні відповідної сировини, що не завжди має місце.

Достатньо близькі фізико-технічні характеристики мають бітуми Кіровоградської нафтової компанії. Це також стосується і низької у ряді випадків розтяжності при 25 °С та 0 °С. Окремі зразки за цими показниками не відповідали вимогам ДСТУ4044. Найбільш імовірною причиною цього може бути малосмолистий мазут з парафіно-нафтовою основою.

Російські бітуми виробництва Рязанської нафтової компанії та Куйбишевського НПЗ за всіма показниками відповідали вимогам ДСТУ 4044.

Бітуми Куйбишевського НПЗ мали помірну теплостійкість. Серед усіх бітумів з однаковою в'язкістю їх температура розм'якшеності була найбільш низькою.

За іншими показниками бітуми обох НПЗ близькі. Слід зазначити їх велику розтяжність при 25 °С і разом з цим низьку при 0 °С (на нижній межі вимог ДСТУ 4044). В'язучі не схильні до інтенсивного старіння. Зчеплюваність бітумів Рязанської нафтової компанії з кам'яним матеріалом є задовільною (3 бали), а Куйбишевського НПЗ - незадовільною (2 бали).

Температура крихкості бітумів Куйбишевського НПЗ є більш низькою ніж у в'язучих Рязанської нафтової компанії (мінус 23 °С проти мінус 19 °С).

За комплексом властивостей бітуми російського виробництва не мають якихось переваг перед українськими та білоруськими бітумами, але разом з тим вони відрізняються більш стабільною якістю в порівнянні з бітумами ПАТ «Укртатнафта» та Кіровоградською нафтовою компанією.

## ВИСНОВКИ

Серед складових асфальтобетону бітум є найменш міцним матеріалом і до того ж найбільш чутливим до дії зовнішніх факторів. Він розм'якшується при підвищених температурах та стає крихким при низьких. Під дією транспорту це призводить до утворення на покриттях колій влітку та низькотемпературних тріщин взимку. Відсутність пружності обумовлює появу тріщин від втоми матеріалу, а слабе прилипання бітуму до щебеню стає причиною виникнення ямковості.

Таким чином якість бітумів є вирішальним фактором від якого залежить довговічність дорожніх покриттів. Якість бітумів визначається сукупністю їх властивостей, які в свою чергу залежать від структури та складу в'язучих.

Оцінювати бітуми необхідно з урахуванням всього комплексу їх характеристик, які тісно взаємопов'язані і у більшості випадків антагоністично впливають одна на одну. Так, збільшення в'язкості бітуму призводить до зростання теплостійкості, але при цьому погіршується його низькотемпературна поведінка. Занадто низька температура крихкості на перший погляд є позитивним фактором, але це свідчить про надмірний вміст парафіно-нафтової фракції, що пов'язано з порушенням збалансованості групового хімічного складу бітуму (зменшення вмісту смол) і, як наслідок, зменшення когезійної міцності та скорочення «життєвого» циклу.

Ідеальних або еталонних бітумів, що задовольняли б ці екстремальні умови роботи покриттів не існує.

Радикальне покращення одних показників (якщо не використовувати модифікатори) зазвичай призводить до погіршення інших.

Кращими є ті бітуми, які мають такий склад та будову, що забезпечують їх мінімальне старіння під дією температури та інших зовнішніх факторів з одночасним поєднанням достатньо високої

теплостійкості, задовільної низькотемпературної поведінки (збереження певних пластичних властивостей в холодну пору року) та міцного зчеплення з мінеральними матеріалами.

Виходячи з вищезазначених критеріїв оцінки до в'язучих з найбільш високим рівнем якості в 2015 році можна віднести бітуми Новополицького НПЗ.

Вони відзначаються вищою температурою розм'якшеності та найбільшою розтяжністю як при 25 °С так і при 0 °С. Бітуми не схильні до інтенсивного старіння, мають помірно низьку температуру крихкості. Це свідчить про достатню збалансованість групового складу, також належний якісний стан та раціональне співвідношення компонентів структуроутворюючих сполук.. Слід зазначити і задовільне зчеплення бітумів зі щебенем (хоча і не найвище серед досліджених в'язучих).

Близькими за якістю є бітуми Мозирського НПЗ. У них така ж висока розтяжність при 25 °С, але дещо нижчі температура розм'якшеності та розтяжність при 0 °С (останнє на нижній границі вимог ДСТУ 4044). Бітуми цього НПЗ відзначаються достатнім опором старінню. В порівнянні з бітумами Новополицького НПЗ вони мають краще зчеплення зі щебенем (4 бали проти 3 балів). Найбільш низька серед інших НПЗ температура крихкості (до мінус 28 °С) вказує на збільшений вміст парафіно-нафтової фракції.

Обидва бітуми відзначаються стабільним рівнем якості, тобто практично однаковими фізико-технічними характеристиками протягом усього будівельного сезону.

Протилежна картина щодо стабільності властивостей, а у ряді випадків зниження рівня якості, спостерігається при дослідженні бітумів ПАТ «Укртатнафта» та Кіровоградська нафтова компанія. Ці компанії здатні виробляти якісні бітуми, про що свідчать результати випробувань більшості зразків, характеристики яких не поступаються бітумам Новополицького та Мозирського НПЗ.

Однак нестабільність властивостей сировини та неоперативне реагування на ці зміни призвели як до збільшення розкиду значень фізико-технічних характеристик так (і це головне) до погіршення якості бітумів за такими показниками як розтяжність при 25 °С та 0 °С. У ряді випадків значення цих показників не відповідали вимогам ДСТУ 4044. Разом з цим слід зазначити, що виробники можуть вирішувати питання отримання якісних бітумів.

Російські бітуми, виробництва Рязанської нафтової компанії та Куйбишевського НПЗ відзначаються більш низькою температурою розм'якшеності ніж українські та білоруські бітуми такої ж в'язкості. Особливо це стосується Куйбишевського НПЗ. За іншими показниками російські бітуми практично не відрізняються від більшості інших бітумів.

Сировиною для отримання українських, білоруських та російських окислених бітумів є залишки від переробки парафіністих нафт з парафіно-нафтенною основою та низьким ступенем смолистості. З таких нафт отримати бітуми з необхідною реологією можна тільки при ретельному підборі продуктів нафтопереробки, що використовують як компоненти сировини, а також правильно підібраних технологічних параметрах окислення, про що свідчить приклад Новополицького НПЗ та Мозирського НПЗ.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ 4044-2001 Бітуми нафтові дорожні в'язкі. Технічні умови.
2. ГОСТ 11501-78 Битумы нефтяные. Метод определения глубины проникания иглы (Бітуми нафтові. Метод визначення глибини проникності голки).
3. ГОСТ 11505-75 Битумы нефтяные. Метод определения растяжимости (Бітуми нафтові. Метод визначення розтяжності).
4. ГОСТ 11506-73 Битумы нефтяные. Метод определения температуры размягчения по кольцу и шару (Бітуми нафтові. Метод визначення температури розм'якшеності за кільцем і кулею).
5. ГОСТ 11507-78 Битумы нефтяные. Метод определения температурных хрупкости по Фраасу (Бітуми нафтові. Метод визначення температури крихкості за Фраасом).
6. ГОСТ 18180-72 Битумы нефтяные. Метод определения изменения массы после прогрева (Бітуми нафтові. Метод визначення зміни маси після прогріття).
7. ГОСТ 22245-90 Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия.
8. Колбановская Ф.С., Михайлов В.В. Дорожные битумы. Изд-во «Транспорт», 1973, 264 с.
9. Труды БАШНИИ НП Проблемы производства и применения битумов. вып. IX, Уфа, 1973, 170 с.
10. Гун Р.Б. Нефтяные битумы. М.: Химия, 1989, 152 с.
11. Гохман Л., Юмашев В. Долговечность – признак качества.// Автомобильные дороги.- 1998.- № 8.- С. 12-13.
12. Давыдова А.Р. Влияние температуры на необратимые изменения свойств битумов (старение) и методы их оценки. В кн.: Исследование органических вяжущих материалов и битумо-минеральных смесей для дорожного строительства. М., «Транспорт», 1969, с.11 (Труды

Государственного Всесоюзного научно-исследовательского института. Вып.34).

13. Колбановская А.С., Давыдова А.Р., Давыдова К.И. О механизме старения битумов разной структуры. Доклад АН СССР. Изд-во АН СССР, 1965. Т.165. №2, с.376.

14. Жданюк В.К., Шевченко В.П. Адгезійно-когезійні властивості в'язких та рідких нафтових дорожніх бітумів // Автошляховик України. – 2004. – № 4. – С. 34-37.

15. Золотарев В.А. Испытание и оценка качества битумных материалов. 6-й Международный симпозиум RILEM-PTЕВМ-03 // Автошляховик України. – 2003. – № 5. – С. 47-48.

16. Теляшев Э.Г., Кутьин Ю.А., Викторова Г.Н., Чистяков В.Н. О некоторых аспектах качества битумов, производимых в ОАО «Лукойл-Ухтанефтепереработка», и пути дальнейшего его повышения // нефтепереработка и нефтехимия. – 2004. – № 7. – С. 12-15.

17. Чернов А.В., Гуреев А.А., Феркель Е.Ф. // Регулирование группового углеводородного состава гудронов – сырьё нефтетехнологических процессов. – Нефтепереработка и нефтехимия, 2004. – № 10, – С. 17-20.