землях, непридатних для сільського та лісового господарства (забруднених промисловістю, виснажених інтенсивним веденням сільського господарства, території з періодичним затопленням тощо). Для енергетичних рослин, таких як верби і тополі, характерна висока теплотворність і низька зольність. З них роблять тріску, використовують як сировину для виробництва гранул і брикетів, для подальшого спалення у теплоелектростанціях і будинкових котлах.

Для поширення біоенергетики важливе значення має "висхідний підхід": впровадження біоенергетики повинно починатися з локальної перспективи, що зумовлює синтез на регіональному та національному рівнях. Загалом потенціал біомаси у Словаччині (лісове і сільське господарство, деревообробна промисловість) можна оцінити в 120 ПДж до 2020 р. і в 350 ПДж у довгостроковій перспективі. Використання деревної біомаси значною мірою пов'язане з рівнем цін на енергоносії, цінами на деревину і державною політикою у цій сфері.

Література

1. Лакида П.І. Енергетичний потенціал біомаси в Україні / П.І. Лакида, Г.Г. Гелетуха, Р.Д. Василишин та ін., відповід. наук. ред. д-р с.-г. наук, проф. П.І. Лакида // Навчально-науковий ін-т лісового і садово-паркового господарства НУБіП України. – К. : Вид. центр НУБіП України, 2011. – 28 с.
2. Лісове господарство та деревообробна промисловість України. / В.В. Болгов та ін. – К. : Вид-во Болгов медіа центр. – 2005. – Вип. 1. – 144 с.
3. План дій по біомасі для України (підготовлений в рамках Нідерландсько-Українського проекту "Біомаса та біопалива"), Київ 2009, – 44 с.
4. Пуцентейло П.Р. Еколого-економічні аспекти використання відходів деревини / П.Р. Пуцентейло, М.Б. Свинтух // Інноваційна економіка : Всеукр. наук.-виробн. журнал. – 2'2013. – С. 135-139.
5. Country Study on Policy Framework and Availability of Biomass SK BIOM, Zvolen, Slovakia, Jozef Viglasky, Marta Viglaska, November, 2009. – 236 p.
6. Messingerová, V., M. Stanovský, S. Stoilov, M. Ferenčík. Analysis of energy chips production in Slovakia. Forestry ideas. – 2010. – Vol. 16, No. 2 (40). – Pp. 181-186.
7. Regional Profile of the Biomass Sector in Slovakia Milan Oravec Marián Slamka Zvolen 21.6.2013.
8. [Electronic resource]. – Mode of access http://www.uaenergy.com.ua/post/13611/ekspert-bioenergetika-v-ukraine-na-zadvorkah/#sthash.Br365qub.dpuf

Бондаренко Т.В., Тренчанский М. **Использование древесной биомассы в Украине и Словакии**

Приведены данные о современном состоянии и использовании древесной биомассы для энергетических целей в Украине и Словакии, рассмотрены возможности, преимущества и недостатки использование древесной биомассы в обеих странах. Первоочередными задачами названо замену малых и средних систем угольного отопления на системы, использующие биотопливо; совместное с углем сжигание древесных отходов в существующей энергетической системе; создание и использование плантаций энергетических культур. Отходы лесного хозяйства и деревообрабатывающей промышленности составляют значительный потенциал для биоэнергетики в кратко- і среднесрочной перспективе.

Ключевые слова: древесная биомасса, дрова, лесосечные отходы, сохранение энергии, возобновляемые источники энергии.

Bondarenko T.V., Trenciansky M. **Woody Biomass Utilization in Ukraine and Slovakia**

This report examines the current state of the use of woody biomass for energy production in Ukraine and the Republic of Slovakia, development possibility, advantages and disadvantages of woody biomass utilization in both countries. Attention is paid to main priorities: replacement of small and medium-sized coal heating systems to systems using biofuels; co-burning of wood waste and coal in existing energy systems; using of energy plants. Waste of forestry and timber industry constitutes significant potential for bioenergy in the short and medium perspective.

Key words: woody biomass, firewood, waste, energy conservation, renewable energy sources.

УДК 665.636

Мол. наук. співроб. Ю.М. Гринчук –
НУ "Львівська політехніка"

ВПЛИВ ЕПОКСИДУ РІПАКОВОЇ ОЛІЇ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ДОРОЖНІХ БІТУМІВ

Низька якість дорожніх бітумів, незадовільні тріщиностійкість, еластичність, адгезія є одними з головних причин передчасного руйнування дорожніх покриттів. Вирішити проблему покращення якості бітумів можна способом модифікації їх епоксидними сполуками на основі відновлюваної сировини. Вивчено властивості бітумів, модифікованих епоксидом ріпакової олії ЕРО. Встановлено позитивний вплив епоксиду ріпакової олії на дорожні бітуми різних марок. Умови для проведення модифікації вибрано на основі попередніх випробувань для бітуму марки БНД 90/130. Для досліджень використано дорожній бітум марки БНД 60/90, БНД 90/130 та БНД 01, які проаналізовано за такими показниками: пенетрація, адгезія, дуктильність, температура розм'якшення.

Ключові слова: бітум, модифікація, епоксид, ріпакова олія.

Постановка проблеми. Сьогодні особливо актуальною є проблема підвищення якості дорожніх бітумів, вирішення якої дасть змогу продовжити термін служби дорожніх асфальтобетонних покриттів і підвищити ефективність робіт з їхнього будівництва й ремонту **[**1**]**. Експериментальні дослідження асфальтобетонних сумішей, які використовуються в дорожньому будівництві, показали, що їх механічні властивості залежать від властивостей бітумного в'яжучого та методу приготування сумішей **[**2**]**. Оскільки нафтові бітуми, які використовуються для створення асфальтобетонів, не завжди відповідають високим стандартам якості, їх модифікують різноманітними модифікаторами **[**3**]**.

В Україні питання щодо підвищення якості бітумів має особливе значення, оскільки вітчизняні бітуми за своїми властивостями не завжди відповідають високим світовим стандартам. Зокрема, вони характеризуються меншою когезійною міцністю, недостатньою адгезією і низьким резервом старіння. Для усунення цих недоліків і одержання високоякісних бітумів використовують модифікатори різної природи, зокрема: сірку, полімери, каучуки тощо. У світовій практиці 100 % верхнього шару дорожнього покриття виготовляють з використанням модифікованих дорожніх бітумів.

Практично всі відомі сучасні добавки знижують чутливість бітумів до зміни температури, підвищують їх когезійну міцність і теплостійкість, надають їм еластичності, а також покращують поведінку за низьких температур. Це сприяє підвищенню міцності, зсувостійкості і тріщиностійкості асфальтобетонних покриттів. Однією з причин, яка стримує збільшення обсягів використання асфальтобетонів на основі даних модифікованих бітумів, є висока вартість модифікаторів і до того ж вони не випускаються промисловістю України.

На особливу увагу, як модифікатори бітумів, заслуговують епоксиди, зокрема епоксид ріпакової олії (ЕРО). Введення ЕРО до складу бітуму надає йому більшої тепло- і морозовитривалості, еластичності, підвищеної опірності навантаженням, підвищує довговічність, а також покращує такі характеристики: когезію, дуктильність, пенетрацію, зчеплення з гранітом та температуру розм'якшення **[3]**. Асфальтобетон, виготовлений на основі бітумів модифікованих ЕРО, має вищі показники міцності, водостійкості, порівняно з іншими асфальтобетонами, а добавка ЕРО істотно впливає на показники границі міцності при стиску, що позитивно впливатиме на підвищення довговічності шарів покриття дорожніх одягів, побудованих з їх використанням **[2]**.

Попередні експериментальні дослідження дорожніх бітумів, модифікованих ЕРО, показали, що їх фізико-хімічні властивості залежать: по-перше, від способу модифікації; по-друге, від умов приготування бітум-полімерних сумішей **[4]**. Згідно з експериментальними даними, встановлено, що модифікація дорожнього бітуму марки БНД 90/130 епоксидом ріпакової олії дає змогу покращити його експлуатаційні характеристики (рис. 1, 2).

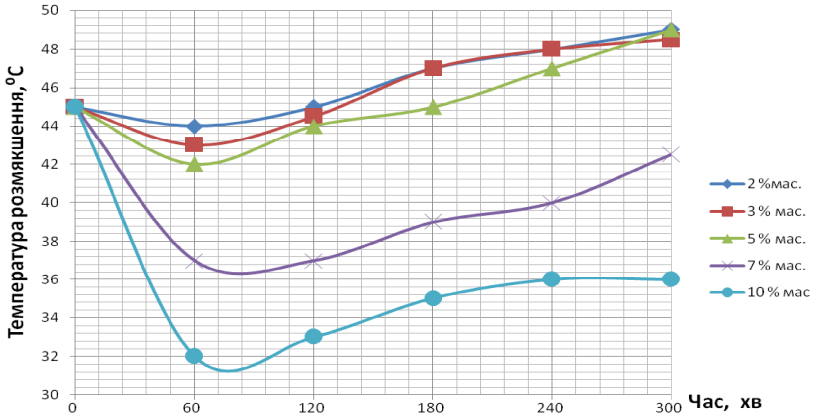

Рис. 1. Залежність температури розм'якшення бітуму від вмісту ЕРО і часу реакції

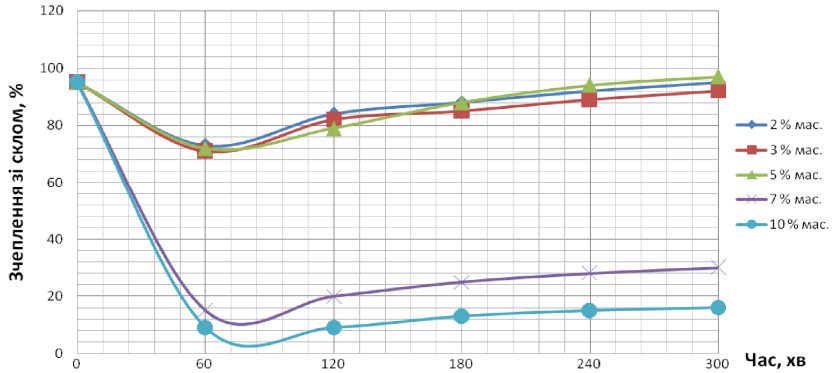

Рис. 2. Залежність адгезії бітуму від вмісту ЕРО і часу реакції

Залежно від кількості добавки і способу її введення, можна отримати бітуми з різними властивостями: малі концентрації добавки (2-5 %) підвищують температуру розм'якшення, знижують пенетрацію, тоді як при вмісті добавки 5-10 % спостерігаємо зростання пенетрації, зменшення температури розм'якшення, адгезія залишається практично незмінною. Також під час експериментів було встановлено оптимальну температуру для проведення модифікації дорожніх бітумів епоксидом ріпакової олії, яка становить 180-190 °С, при нижчих температурах показники бітуму є гіршими **[4]**.

Наведені результати одержані для однієї марки бітуму – БНД 90/130. У нашій роботі вивчено вплив модифікації епоксидом ріпакової олії бітумів різних марок.

Виклад основного матеріалу дослідження. Усі досліди з приготування бітумних композицій проводили в термостатованому реакторі з лопатевою мішалкою. До розігрітого до 190 °С бітуму додавали ЕРО у визначеній кількості, після чого суміш перемішували протягом 5 годин за тієї ж температури. Оцінювали якість отриманого модифікованого бітуму за значеннями показників: пенетрації – при 25 °С, температури розм'якшення, дуктильності – при 25 °С та зчеплення з поверхнею скла.

Для досліджень використано бітуми марки БНД 60/90 та БНД 01 (бітум отриманий із залишків перероблення парафінистих нафт, відібраний на ПАТ "НПК – Галичина" (м. Дрогобич), властивості якого не відповідають вимогам, які ставляться до дорожніх бітумів **[5]**. Результати досліджень наведено в таблиці, в якій, для порівняння, також наведено дані для нового бітуму марки БНД 90/130, в якому властивості вихідного бітуму відрізняються від досліджуваних зразків у попередніх роботах.

Табл. Вплив ЕРО на фізико-механічні властивості дорожніх бітумів

Показник	БНД 01	БНД 01+ 7 % ЕРО	БНД 60/90	БНД 60/90+ 3 % ЕРО	БНД 90/130	БНД 90/130 +3 % ЕРО
Температура розм'якшення за "кільцем і кулею", К	48	51	49	54	45	49,5
Пенетрація при 298 К, м·10^{-4} (0,1 мм)	121	72	87	70	123	102
Дуктильність при 298 К, м·10^{-2} (см)	16	18	66	70	>100	>100
Зчеплення зі склом, адгезія, %	61	63	74	76	95	95

Одержані результати (табл.) свідчать, що введення ЕРО в бітум, незалежно від його марки, дає змогу підвищити температуру розм'якшення на 3-5 °С і його адгезію на 1-2 %. Дуктильність теж дещо зростає, або практично є рівною дуктильноті не модифікованого бітуму (для бітуму марки БНД 90/130). Пенетрація модифікованих бітумів істотно знижується. Якщо для бітуму марки БНД 90/130 цей показник знижується на ~17 %, порівняно з немодифікованим зразком, то для бітуму марки БНД 60/90 зменшення становить ~20 %, а для БНД – 01 понад 40 %. Аналізуючи зміни фізико-механічних показників бітумів до і після модифікації, можемо стверджувати, що внаслідок модифікації можлива зміна їх марки.

Одержані характеристики отриманих нами бітумних композицій свідчать, що модифікування бітумів ЕРО, дає змогу здійснювати перехід від однієї до іншої марки бітумів, а саме отримувати такі марки бітумів: від БНД 60/90 до БМП 60/90-52, від БНД 90/130 до БМП-90/130-49 [6]. Модифікування бітуму БНД 01 дає змогу одержати бітум, що за всіма показниками, крім дуктильності, відповідає бітуму марки БНД 60/90. Внаслідок його модифікації дуктильність теж зростає, але не досягає гостованого показника. Для можливості відповідного збільшення його дуктильності необхідні проведення додаткових досліджень.

Висновки. Модифікація дорожніх бітумів з допомогою ЕРО веде до зміни властивостей модифікованого бітуму, таких як: температура розм'якшення, адгезія, пенетрація, дуктильність та ін. Встановлено, що модифікація дорожніх бітумів епоксидом ріпакової олії дає змогу покращити експлуатаційні характеристики дорожніх покриттів, незалежно від марки бітуму.

Література

1. Грудников И.Б. Производство нефтяных битумов / И.Б. Грудников. – М. : Изд-во "Химия", 1983. – 188 с.
2. Hrynchuk Y.M. Effect of Modified Bitumen on Physico-mechanical Properties of Asphalt Concrete / Mykhailo Nykypanchuk, Yurii Hrynchuk and Mykola Olchovyk // Chemistry and Chemical Technology. – 2013. – Vol. 7, № 4. – Pp. 467-470.
3. Гринчук Ю.М. Епоксидні сполуки на основі ріпакової олії як модифікатори для дорожніх бітумів / Ю.М. Гринчук, М.В. Никипанчук // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Сер.: Хімія, технологія речовин і їх застосування. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2011. – № 700. – С. 474-477.
4. Гринчук Ю.М. Вплив умов та способу модифікації дорожніх бітумів епоксидом ріпакової олії на їх фізико-хімічні властивості / Ю.М. Гринчук, М.В. Никипанчук, В.М. Гринчук // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Сер.: Хімія, технологія речовин і їх застосування. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2013. – № 761. – С. 465-469.
5. Бітуми нафтові дорожні в'язкі. Технічні умови: ДСТУ 4044-2001. – К. : Вид-во Держстандарт України, 2001. – 236 с.
6. ДСТУ Б В.2.7-135:2007 "Будівельні матеріали. Бітуми дорожні, модифіковані полімерами. Технічні умови".

Гринчук Ю.М. **Влияние эпоксида рапсового масла на физико-механические свойства дорожных битумов**

Низкое качество дорожных битумов, неудовлетворительные трещиностойкость, эластичность, адгезия являются одними из главных причин преждевременного разрушения дорожных покрытий. Решить проблему улучшения качества битумов можно способом модификации их эпоксидными соединениями на основе возобновляемого сырья. Изучены свойства битумов, модифицированных эпоксидом рапсового масла. Установлено положительное влияние эпоксида рапсового масла на дорожные битумы различных марок. Условия для проведения модификации выбраны на основе предварительных испытаний для битума марки БНД 90/130. Для исследований использован дорожный битум марки БНД 60/90, БНД 90/130 и БНД 01 с добавлением эпоксида, который проанализирован по следующим показателям: пенетрация, адгезия, дуктильность, температура размягчения.

Ключевые слова: битум, модификация, эпоксид, рапсовое масло.

Hrynchuk Yu.M. **The Influence of Epoxide Rapeseed Oil on Physical and Mechanical Properties of Bitumen**

Low quality bitumen, poor fracture toughness, elasticity, adhesion are supposed to be a major cause of premature destruction of road surfaces. The problem of the bitumen quality can be solved using a modified method of epoxy compounds based on renewable raw materials. Some properties of epoxy modified by bitumen rape oil are investigated. Some positive effects of rapeseed oil on epoxy bitumen of various grades are identified. Conditions for modification were chosen based on previous testing for bitumen BND 90/130. The road bittumen of BND 60/90, BND 90/130 and BND 01 mark with epoxid additives is used for the study. Such parameters as penetration, adhesion, ductility, hardness, softening temperature were applied in the research.

Key words: bitumen, modification, epoxide, rapeseed oil, compound.

УДК 666.940.41

Ст. викл. Л.В. Дзюбик, канд. техн. наук – НУ "Львівська політехніка"

ВЗАЄМОДІЯ ОБРОБЛЮВАНОГО МАТЕРІАЛУ ТА ФУТЕРІВКИ З КОРПУСОМ ОБЕРТОВОГО АГРЕГАТУ

Розвинуто математичну модель визначення величини та розподілу навантажень у корпусі великогабаритного обертового агрегату оболонкового типу. Розрахунок здійснено із врахуванням розподілу навантажень на оболонку від ваги корпусу; ваги захисної футерівки та ваги оброблюваного матеріалу.

Запропоновано модель визначення крутного моменту в оболонці корпусу для багатоопорного обертового агрегату. Проведено числовий аналіз впливу кута заповнення оброблюваного матеріалу на напруження в корпусі цементної печі. Встановлено, що зі зменшенням кута заповнення матеріалу величина кільцевих та осьових напружень зростає.

Ключові слова: система навантажень, вага корпусу, захисна футерівка, оброблюваний матеріал, напруження, крутний момент, цементна піч.

Постановка проблеми. На сьогодні великогабаритні установки оболонкового типу, які здійснюють обертальний рух, є невід'ємною складовою багатьох галузей оброблювальної промисловості, де відбувається переробка дрібнодисперсних сумішей [1]. Це створює умови для рівномірного перемішування та забезпечує необхідні температурні режими. Для розрахунку таких конструкцій, зазвичай, застосовують модель статичної рівноваги нерозрізної балки із змінною жорсткістю на окремих ділянках та розміщеної на пружних опорах із можливим їх вертикальним жорстким зміщенням [2, 3]. При цьому, для отримання необхідних результатів, важливо адекватно до реальних умов задати систему навантажень, що діє в корпусі обладнання.

Аналіз відомих досліджень і публікацій. Розрахунок навантаження різних прогонів складається із зосереджених сил (вага вінцевої шестерні, бандажі та підбандажні потовщення) та рівномірно розподіленого навантаження, які задаються або визначаються за відповідними виразами [4, 5]. До рівномірно розподілених відносять вагу корпусу, футерівки, ланцюгової завіси, ланцюгового теплообмінника, випалюваної суміші. Найбільше навантаження створюють вага корпусу та футерівки. Також додатково на вхідному кінці можуть бути розміщені ланцюгові завіси та інші теплообмінні пристосування у перших двох-трьох прогонах. Значно меншу вагу має робоча суміш. Аналіз літературних даних [4-6] свідчить, що при розрахунках приймають дію матеріалу та футерівки рівномірно розподіленими в нижній частині корпусу із кутом заповнення 180^{o}. Однак такий підхід не дає змоги отримати достовірну інформацію про характер напружено-деформованого стану в довільному перерізі корпусу. Внаслідок