

## ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ПОКРИТТЯ ІЗ ЩЕБЕНЕВО-МАСТИКОВИХ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ СУМІШЕЙ

**Мозговий В.В.**, д.т.н., професор,  
**Баран С.А.**,  
**Ольховий Б.Ю.**, аспірант  
*Національний транспортний університет, м. Київ*  
mozgoviy@gmail.com

**Анотація.** У статті розглянуто питання забезпечення якості суміші через оцінку показника стікання в'язучого щебенево-мастикової асфальтобетонної суміші (ЩМАС) на бітумах з структуруючими добавками на основі органічних кислот та їх похідних, що зменшують в'язкість бітумної мастики. В статті розглянуто вплив часу витримання та часу транспортування суміші на показник стікання. Наведено методику визначення показника стікання від часу транспортування суміші. На основі експериментальних даних показано, що час транспортування більш суттєво впливає на показник стікання, ніж час витримання. Проведені дослідження дозволяють розробити додаткові вимоги до показника стікання в'язучого ЩМАС в залежності від часу витримки в накопичувачі і часу транспортування, а також попередньо призначати технологічні температури приготування і ущільнення теплих асфальтобетонних сумішей на основі таких добавок.

**Ключові слова:** щебенево-мастикова асфальтобетонна суміш, показник стікання в'язучого, час витримки, час транспортування.

## ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОКРЫТИЯ С ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

**Мозговой В.В.**, д.т.н., професор,  
**Баран С.А.**,  
**Ольховой Б.Ю.**, аспірант  
*Национальный транспортный университет, г. Киев*  
mozgoviy@gmail.com

**Аннотация.** В статье рассматривается вопрос обеспечения качества смеси на основании оценки показателя стекания вяжущего щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси на битумах с структурирующими добавками на основе органических кислот и их производных, уменьшающих вязкость битумной мастики. В статье рассматриваются факторы влияния времени выдержки и времени транспортировки на показатель стекания. Приводится методика определения показателя стекания от времени транспортировки. На основе экспериментальных данных показано, что время транспортировки более существенно влияет на показатель стекания, чем время выдержки. Проведенные исследования позволяют разработать дополнительные требования к показателю стекания вяжущего ЩМАС в зависимости от времени выдержки в накопителе и времени транспортировки, а также предварительно назначать технологические температуры приготовления и уплотнения теплых асфальтобетонных смесей на основе таких добавок.

**Ключевые слова:** щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь, показатель стекания вяжущего, время выдержки, время транспортировки.

## FEATURES USE INNOVATIVE TECHNOLOGY TO ENSURE DURABILITY COATING OF CRUSHED STONE-MASTIC ASPHALT MIXTURES

**Mozghovyi V.V.**, Doctor of Engineering, Professor,

**Baran S.A.**,

**Olkhovyi B.Y.**, postgraduate

*National Transport University*

mozgoviy@gmail.com

**Abstract.** The article deals with the issue of mixture quality through evaluation of draining index of binder of stone mastic asphalt mix of bitumen with additives based on organic acids and their derivatives that reduce viscosity of bitumen mastic. In the article it is shown the method of determination of draining index in the influence of transportation time of mix. Based on experimental data it is shown that transportation time has more significant impact on the draining index than the holding time. Our studies allow to develop additional requirements for draining index of binder depending on the exposure time of holding and transportation time and appoint technological temperatures of mixing, compaction of warm asphalt mixes based on such kind of additives.

**Keywords:** stone-mastic asphalt mixtures, indicators bundle, exposure time, transportation.

**Актуальність та постановка проблеми.** На сьогоднішній день все більшою популярністю у дорожньому будівництві користуються інноваційні рішення, одним із яких є застосування теплих асфальтобетонів, оскільки ці технології мають ряд переваг. Ці переваги дають можливість вирішити питання, які виникають при влаштуванні покриття, а саме: досягнення кращих коефіцієнтів ущільнення, збільшення відстані доставки асфальтобетонних сумішей, розширення будівельного сезону, а також поліпшення екологічної ситуації - зменшення викидів і поліпшення умов праці. Тому, у багатьох країнах проводяться повномасштабні наукові дослідження в цій області, а підрядні організації все більше використовують теплі асфальтобетонні суміші при будівництві та ремонті автомобільних доріг в тому числі теплі щебенево-мастикові асфальтобетонні суміші

Особливість зернового складу щебенево-мастикових асфальтобетонних сумішей (підвищена кількість в'язучого та щебеню) викликає стікання їх при зберіганні, перевезенні і укладанні, що компенсується використанням стабілізуючих добавок. Такий істотний недолік як стікання в'язучого (мастичної частини) при високих технологічних температурах приготування, зберігання і транспортування може призводити до появи бітумних плям на покритті, що може, в свою чергу, призводити до колійності, а в місцях недостачі в'язучого - до недостатньої водо- і морозостійкості. Для запобігання розшаруванню ЩМАС у їхній склад додають спеціальні структуруючі (стабілізуючі) добавки, які утримують гарячий бітум на поверхні зерен мінерального матеріалу під час проміжного зберігання й транспортування щебенево-мастикових асфальтобетонних сумішей і що дозволяють підвищити товщину плівок в'язучого. Ефективність застосування стабілізуючих добавок оцінюють по їх впливу на комплекс показників фізико-механічних властивостей ЩМАС, у тому числі за результатами випробування гарячої суміші по визначенню показника стікання в'язучого [1-3].

В Україні найбільшого розповсюдження для виготовлення теплих асфальтобетонних сумішей набуло використання спеціальних добавок, що мають широкий спектр дії, таких як структуруючі добавки на основі органічних кислот та їх похідних, тобто твердих вуглеводнів [1].

Використання цих добавок зменшує в'язкість суміші, таким чином забезпечуючи виробництво і укладання асфальтобетонних сумішей при нижчих для традиційних гарячих асфальтобетонів температурах. Однак зменшення в'язкості бітумної мастики може спричинити надмірне розшарування ЩМАС, що в свою чергу вплине на виробничий рецепт суміші, або на зміну технологічних температур. В зв'язку з цим потребується більш детальне

дослідження показника стікання ЩМАС при застосуванні таких добавок.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Суміші, які можуть укладатися при більш низьких температурах, або так звані теплі асфальтобетонні суміші, що в останні роки знаходять все ширше застосування в практиці дорожнього будівництва [4-5]. В склад таких сумішей входять спеціальні добавки, що мають широкий спектр дії, такі як структуруючі добавки на основі органічних кислот та їх похідні, тобто тверді вуглеводні. Для забезпечення ефективності застосування таких добавок основний компонент – віск повинен бути твердим при найбільш високій температурі експлуатації асфальтобетонного покриття, але при температурі, що вище за максимальну температуру експлуатації, такий віск повинен плавитися і ставати рідким, досягаючи текучого стану з в'язкістю близько  $10^{-2}$  Па·с.

Для успішного застосування технологій теплих асфальтобетонів в Україні було проведено їх дослідження провідними науковими установами в дорожній галузі [2, 6], а також розроблені нормативні документи: ГБН Влаштування асфальтобетонних шарів дорожнього одягу при низьких температурах [7], СОУ Бітуми дорожні в'язкі, модифіковані добавками на основі синтетичних восків [1] та ін.

**Формулювання цілей (постановка завдання).** Сучасні нормативні документи не враховують вплив енергозберігаючих добавок на можливість підвищення стікання в'язучого ЩМАС [3]. Тому дослідження розшарування ЩМАС в залежності від часу зберігання в накопичувальному бункері і часу транспортування при використанні різних енергозберігаючих добавок є актуальними і дозволять розробити рекомендації щодо уточнення показників стікання в'язучого ЩМАС, що дозволить зменшити розшарування сумішей в залежності від часу зберігання в бункері і часу транспортування.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для оцінки стабільності і гомогенності суміші при змішуванні, зберіганні і транспортуванні існує кілька видів тестів в різних країнах використання ЩМА, серед таких: тест на стікання в'язучого по Шелленбергу і фон дер Веппену, тест за американськими нормами AASHTO T 305-97, тест за європейськими нормами PN- EN 12697-18, тест по ZW-SMA-2001, тест по ДСТУ Б В.2.7-127 [3, 8].

Суть методу визначення показника стікання в'язучого по ДСТУ Б В.2.7-127 [3] полягає у зважуванні залишку бітумного в'язучого після перекидання склянки з сумішшю, яка була витримана в сушильній шафі протягом 60 хвилин при температурі  $170^{\circ}$  С. Мірою стікання є маса залишків бітуму на склянці після видалення з нього ЩМАС, виражена у відсотковому відношенні від маси ЩМАС:

$$B = \frac{g_3 - g_1}{g_2 - g_1} \cdot 100, \quad (1)$$

де  $g_1$ ,  $g_2$ ,  $g_3$  – маса стакану відповідно порожнього, з ЩМАС і після його видалення із стакану, г.

Досвід застосування такого методу свідчить про те, що цей метод цілком придатний для визначення показника стікання в'язучого при зберіганні суміші в накопичувальному бункері і при транспортуванні її на відстань 30...50 км по європейським дорогам, але для умов України часто це не спрацьовує. Дана методика оцінки показника стікання не в повній мірі відображає реальні умови зберігання і транспортування ЩМАС, і фактично імітує тільки, певною мірою, умови зберігання ЩМАС і не відображає умови транспортування.

Тому для аналізу впливу умов транспортування на розшарування суміші були проведені дослідження, які полягали в створенні коливачів проб ЩМАС, подібних коливанням суміші в кузові транспортного засобу.

Мастична частина ЩМАС (суміш бітумного в'язучого, мінерального порошку, піску і стабілізуючих волокон) являє собою композитний матеріал, що складається з бітумної матриці та відповідних наповнювачів і проявляє характерний для структурованих систем тиксотропні властивості в результаті впливу динамічних коливачів на розшарування ЩМАС при її транспортуванні [9-11].

Аналіз літературних даних свідчить, що частота коливачів кузова вантажного

автомобіля в залежності від характеру нерівностей покриття може змінюватися від 2 до 25 Гц, а прискорення може становити від 0,2 до 4 і більше значень прискорення вільного тяжіння [12-13].

Для дослідження впливу динамічних коливань при транспортуванні ЩМАС на її розшарування використовували стандартну методику визначення показника стікання в'язучого по ДСТУ Б В.2.7-127 [3] з деякими удосконаленнями, які дають можливість імітувати вібрації схожі за своїми амплітудно-частотними характеристиками коливання кузова автосамоскиду. При проведенні випробувань з метою імітації часу транспортування, створювали відповідний час впливу динамічних коливань протягом певних періодів, які становлять 30, 60 і 120 хвилин.

Удосконалення методики визначення показника стікання полягає в наступному: для імітації вібрації в кузові автосамоскида при транспортуванні ЩМАС термостійкий стакан, попередньо теплоізолюваний, піддавали вібрації, після чого стакан розміщували в сушильну шафу, нагріту до температури випробування, і витримували протягом заданого часу. Режим випробування наступний: термоізолюваний стакан піддають дії 30 коливань відразу після заповнення сумішшю, після чого термостатують в сушильній шафі при температурі випробування протягом 15 хвилин, потім знову піддають дії 30 коливань, знову термостатують. Аналогічні операції повторюють кожні 15 хвилин, протягом заданого часу випробування (30, 60 і 120) хвилин, за умови, що після останнього впливу 30 коливань стакан з сумішшю розміщують в сушильну шафу і витримують 15 хвилин при температурі випробування з подальшим видаленням ЩМАС зі стакану.

Потім визначали показник стікання згідно зі стандартною методикою [3].

Амплітудно-частотні характеристики коливання проби ЩМАС змінювали за допомогою амортизаційної систем платформи, на якій закріплювався теплоізолюваний стакан з пробою ЩМАС. Вимірювання амплітудно-частотних характеристик вібрації виконували за допомогою комплексу вимірювання прискорення і тензометричного комплексу. Під час випробувань застосовували найбільш характерні параметри коливань стаканів з пробами ЩМАС, що відповідають коливанням завантаженого кузова автомобіля: частота коливань від 6 до 10 Гц, максимальне прискорення становить близько 4...5 g.

Для дослідження впливу енергозберігаючих добавок на підвищення ймовірності стікання в'язучого були проведені лабораторні випробування: для визначення залежності показника стікання від часу зберігання в накопичувальному бункері і часу транспортування. При дослідженнях були використані щебенево-мастикові суміші типу ЩМА-20. Для приготування сумішей були використані такі мінеральні матеріали у відповідних пропорціях: щебінь гранітний фракції 10...20 мм – 65%; щебінь гранітний фракції 5...10 мм – 13%; пісок з відсіву дроблення вивержених гірських порід фракції 0...5 мм – 10%; мінеральний порошок – 11,6%, вміст стабілізуючої добавки (Торселл) у всіх сумішах дорівнював 0,4% від маси мінерального заповнювача. Вміст в'язучого (бітум нафтовий дорожній в'язкий марки БНД 60/90) у вихідному асфальтобетоні і асфальтобетоні з енергозберігаючими добавками Sasobit, Iterlow-T, WarmMix і Rediset WMX становило 7% від маси мінерального матеріалу. Якість всіх компонентів відповідала існуючим технічним вимогам.

Приготування асфальтобетонних сумішей виконували з дотриманням стандартної послідовності технологічних операцій та рекомендацій згідно з нормативними документами.

Під час випробувань ЩМАС на розшарування окремо витримували проби як при статичних, так і при динамічних впливах при різних температурах випробувань, а також при їх комбінації. Після проведених випробувань за методикою [3] визначали показник розшарування.

Аналіз результатів випробувань свідчить про вплив на показник стікання як тривалості часу витримання ЩМАС в статичних умовах, так і, особливо, режиму витримання при динамічних коливаннях.

Залежність коефіцієнту тиксотропії ЩМАС від часу наведено на рис.1.

Коефіцієнт тиксотропії – це відношення показника стікання в'язучого при певному

часі витримування, отриманого за вдосконаленою методикою ( $V_{дин}$ ), до показника стікання при тому ж часі витримування отриманого, за стандартною методикою ( $V_{ст}$ ):

$$K_{ст} = V_{дин} / V_{ст}. \quad (2)$$

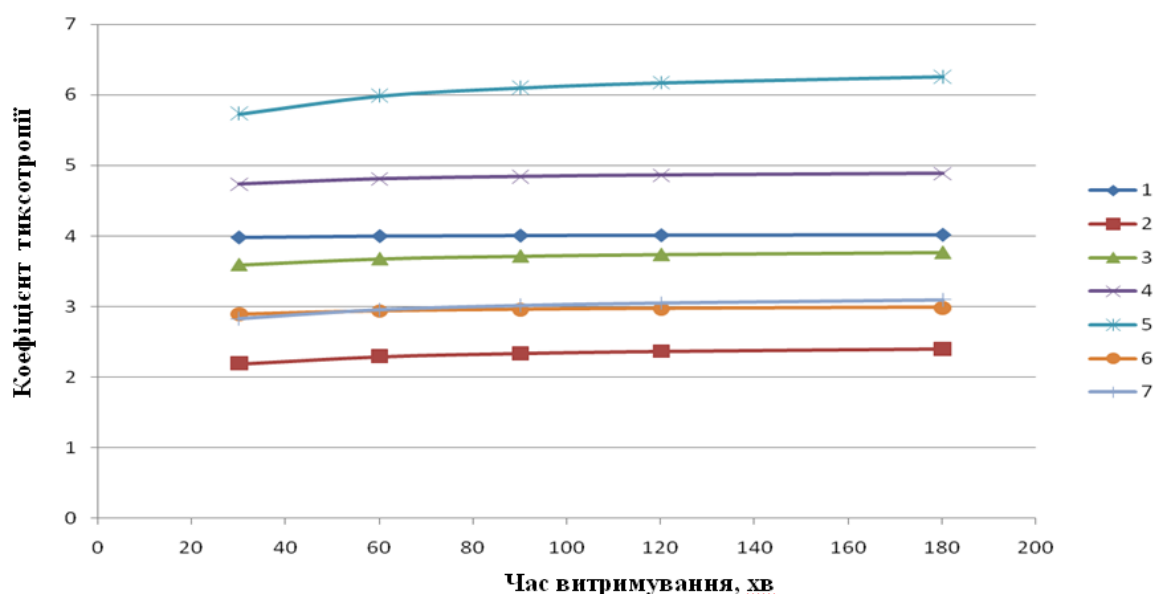


Рис. 1. Залежність коефіцієнту тиксотропії ЩМАС від часу для різних складів ЩМА на бітумі БНД 60/90:

- 1 – ЩМА 10, 7% в'язучого БНД 60/90; 2 – ЩМА 20, 7% в'язучого БНД 60/90;  
 3 – ЩМА 20, 7% в'язучого БНД 60/90 + 3% Sasobit; 4 – ЩМА 10, 7% в'язучого БНД 60/90 + 1.5% Iterlow-T; 5 – ЩМА 20, 7% в'язучого БНД 60/90 + 3% Rediset WMX;  
 6 – ЩМА 20, 7% в'язучого БНД 60/90 + 1.5% Iterlow-T; 7 – ЩМА 20, 7% в'язучого БНД 60/90 + 0.3% WarmMix

Проведені дослідження дозволили розробити додаткові вимоги (враховуючи максимальні терміни зберігання в накопичувальному бункері дві години і транспортуванні також дві години згідно [3]) до показника розшарування в'язучого ЩМАС в залежності від часу витримки в накопичувачі і часу транспортування, наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Значення показника стікання в'язучого залежно від часу зберігання в накопичувачі і часу транспортування

Час зберігання суміші в накопичувачах, год.	Час транспортуванні суміші, год.	Показник стікання в'язучого, % по масі, не більше
0,5, не більше	0,5, не більше	0,20
0,5, не більше	від 0,5 до 1,0 включно	0,16
від 0,5 до 1,0 включно	0,5, не більше	0,16
від 0,5 до 1,0 включно	від 0,5 до 1,0 включно	0,12
від 1,0 до 2,0 включно	0,5, не більше	0,13
від 1,0 до 2,0 включно	від 0,5 до 1,0 включно	0,09

Уточнення показника розшарування щебенево-мастикової суміші від термінів її зберігання і транспортування дозволить подовжити терміни служби дорожнього покриття з щебенево-мастикового асфальтобетону завдяки усуненню таких дефектів, як бітумні плями, викришування, лушення і, як наслідок, збільшити міжремонтні терміни, що забезпечить

значну економію фінансових і матеріальних ресурсів.

При визначенні показника однорідності ЩМАС згідно [3] за коефіцієнтом варіації границі міцності на стиск при 50° С об'єм вибірки повинен складати не менше 20 значень і призначатися за кількістю випробуваних проб за період між періодичними випробуваннями

Це свідчить про те, що таким показником однорідності неможливо оперативно скористатися під час приймально-здавального контролю. Крім того характеристика міцності на стиск при 50° С проби з суміші, яка тільки відібрана після її приготування не має можливості об'єктивно відобразити стійкість до розшарування при зберіганні в бункері, вивантаженні в транспортний засіб для транспортування та укладання.

Зважаючи на вище сказане пропонується визначати однорідність щебенево-мастикової асфальтобетонної суміші за показником стікання, а саме методом статистичної обробки значень показника стікання в'язучого щебенево-мастикової асфальтобетонної суміші, який повинен бути не більше ніж 0,20 % за масою. Для цього відбирають 10 локальних проб сумішей в окремих місцях кузова автосамоскида вагою від 2 кг до 3 кг кожна.

Для кожної проби визначають показник стікання в'язучого [3], після чого визначають коефіцієнт варіації для оцінки однорідності щебенево-мастикової асфальтобетонної суміші. Такий метод оцінки однорідності доцільно використовувати як показник однорідності при підборі складу суміші та періодичному контролі якості, він є досить інформативним та набагато оперативнішим ніж метод наведений в нормативному документі [3].

**Висновки.** На показник стікання істотно впливає час транспортування ЩМАС, оскільки при транспортуванні на великі відстані ЩМАС піддається впливу вібрацій і струшувань від автосамоскида. Внаслідок чого при транспортуванні деяка доля мастичної частини переміщається в нижню частину суміші, цим самим утворюючи неоднорідну суміш за кількістю в'язучого, що може привести до утворення локальних місць з бітумними плямами на поверхні покриття. Аналізуючи результати випробувань, можна зробити висновок, що основна маса бітумної мастики витікає за 30...60 хвилин при стандартному способі проведення випробування, а потім швидкість зміни стікання за часом значно зменшується.

Енергозберігаючі добавки, що були досліджені показали дещо різний характер впливу на в'язкість бітуму і відповідно на показник стікання. Результати випробувань при визначенні показника стікання в'язучого при впливі динамічного фактору, показали якісно інший характер. Суміші з добавками RedisetWMX і WarmMix показали інтенсивне зростання показника стікання в залежності від часу динамічного впливу. Добавка Iterlow-T істотно не впливає на зміну показника стікання ЩМАС і її можна використовувати як для розширення будівельного сезону, зменшуючи технологічні температури, так і для поліпшення легкоукладальності суміші, досягнення кращого ущільнення, поліпшення характеристик асфальтобетону. Використання енергозберігаючих добавок Sasobit, RedisetWMX, WarmMix впливає на збільшення показника стікання ЩМАС при високих робочих температурах, тому такі добавки можна використовувати без погіршення властивостей асфальтобетону за умови уточнення експериментальним шляхом технологічних температур приготування і транспортування.

Також з отриманих результатів видно, що більш суттєво на показник стікання впливає час транспортування, ніж час зберігання. Тому при транспортуванні на великі відстані потрібно встановлювати більш жорсткі вимоги до показника стікання.

Дана методика була використана для імітації більш жорстких і несприятливих умов транспортування суміші. Відповідно якщо суміш при підборі відповідатиме більш жорстким вимогам, то ймовірно, що ця суміш після транспортування відповідатиме нормативним вимогам за показником стікання. Це в свою чергу забезпечить необхідний рівень якості покриття.

Результати даних досліджень не можуть бути використані для однозначного вибору тієї

чи іншої енергозберігаючої добавки для ЩМА. Дані дослідження були проведені з метою перевірки впливу енергозберігаючих добавок в ЩМА лише за одним показником – стікання в'язучого. Тому для остаточного вибору енергозберігаючої добавки для використання в щebeneво-мастикових асфальтобетонних сумішах з метою розширення будівельного сезону необхідно проводити випробування по всьому ряду показників відповідно до нормативних документів [3, 7].

## Література

1. СОУ 45.2-00018112-068:2011. Будівельні матеріали. Бітуми дорожні в'язкі, модифіковані добавками на основі синтетичних восків. Технічні умови [Текст] Введ. 2011-09-01 – К.:2011. – 17 с.
2. Розробка технології будівництва довговічних асфальтобетонних шарів із теплих асфальтобетонних сумішей, виготовлених з використанням твердих вуглеводнів: Звіт про НДР В.В. Мозговий, В.Д. Данчук, НТУ, Київ, 2013. – С. 167.
3. ДСТУ Б В.2.7 -127:2015. Суміші асфальтобетонні та асфальтобетон щebeneво-мастиковий. Технічні умови. Введ. 2007 - 07 - 01. – К, 2015. – 30 с. Мінрегіонбуд
4. Радовский Б.С. Прогресс технологий производства теплого асфальтобетона в США / Б.С. Радовский // Автомоб. дороги. – 2011. – №8. – С. 29-38.
5. J. Keith Davidson Warm asphalt mix technology an overview of the process in Canada / J. Keith Davidson P.Eng. Warm Asphalt Technology as a Sustainable Strategy for Pavements Session Of the 2008 Annual Conference of the Transportation Association of Canada, Toronto, Canada 2008. – С. 49 – 64.
6. Золотарев В.А. Особенности влияния парафиновых добавок на технические свойства вязких дорожных битумов / В.А. Золотарев // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2009. – № 1. – С. 13-17.
7. ГБН В.2.3-218-547:2010 Влаштування асфальтобетонних шарів дорожнього одягу при низьких температурах. Введ. 2010 - 11 – 01. – К.:2010. – 29 с. Мінрегіонбуд
8. Blazejowski K. SMA. Teoria i praktyka / K.Blazejowski. – Rettenmaier Polska sp. z o.o., Warszawa, 2007. – 620p.
9. Братчун В.І. Фізико-хімічна механіка будівельних матеріалів: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / В.І. Братчун, В.О. Золотарьов, М.К. Пактер, В.Л. Беспалов; під редакцією д.т.н. В.І. Братчуна. – Вид. 2-ге, перероб. і доповн. – Макіївка-Харків: ДонНАБА, 2011. – 336 с.
10. Плугин А.Н. Коллоидная химия и физико - химическая механика цементных бетонов / А.Н. Плугин, А.А. Плугин, Л.В. Трикоз, А.С. Кагановский, Ал.А. Плугин. – Киев, 2011. – 330 с.
11. Золотарев В.А. Технические, реологические и поверхностные свойства битумов. Избранные труды. В 2 т. Том 1. / В.А. Золотарев - первое изд. – Санкт - Петербург: Славутич 2012. – 148 с.
12. Богомоллов В.О. Моделі коливачь кузова автомобіля у процесі гальмування / В.О. Богомоллов, В.О. Гелло // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. / М-во образования и науки молодежи и спорта Украины, ХНАДУ; [редкол.: Богомоллов В. А. (гл. ред.) и др.] – Х., 2011. – Вып. 54. – С. 159-164.
13. Разработка предложений по учету воздействия современного парка многоосных транспортных средств при проектировании нежестким дорожных: Отчет о НИР П.В. Духанин и др., РГСУ, ДорТрансНИИ, Ростов-на-Дону, 2011. – С. 277.