

3. ДБН В.2.3-14:2006 Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування. – Київ: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства, 2006. – 217 с.

DBN V.2.3-14:2006 Sporudy transportu. Mosty ta truby. Pravyla proektuvannia. – Kyiv: Ministerstvo budyvnytstva, arkhitektury ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva, 2006. – 217 s.

4. ДБН В.1.2-15:2009 Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження і впливи. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. – 84 с.

DBN V.1.2-15:2009 Sporudy transportu. Mosty ta truby. Navantazhennia i vplyvy. – Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2009. – 84 s.

5. ДБН В.2.3-6:2016 Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження і випробування. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. – 44 с.

DBN V.2.3-6:2016 Sporudy transportu. Mosty ta truby. Obstezhennia i vyprobuvannia. – Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2009. – 44 s.

6. СОУ 45.2 – 00018112-026:2008 Споруди транспорту. Дефекти автодорожніх мостів. Класифікація.

SOU 45.2 – 00018112-026:2008 Sporudy transportu. Defekty avtodorozhnikh mostiv. Klyasyfikatsiia.

7. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 44 с.

DSTU-N B V.1.2-18:2016 Nastanova shchodo obstezhennia budivel i sporud dlia vyznachennia ta otsinky yikh tekhnichnoho stanu. – Kyiv: DP «UkrNDNTs», 2017. – 44 s.

8. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.

DBN V.2.6-98:2009 Konstruktsii budynkiv i sporud. Betonni ta zalizobetonni konstruktsiis. Osnovni polozhennia. – Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2011. – 71 s.

9. ДСТУ Б В.2.6-156:2010 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 118 с.

DSTU B V.2.6-156:2010 Konstruktsii budynkiv i sporud. Betonni ta zalizobetonni konstruktsiis z vazhkoho betonu. Pravyla proektuvannia. – Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2011. – 118 s.

УДК 625.7/.8:551.525

ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ КИЇВ-ЛЬВІВ

FORECASTING OF ROAD COVERING OPERATION TEMPERATURE REGIME OF KYIV-LVIV MOTORWAY

Карюк А.М., к.т.н., доц., <https://orcid.org/0000-0003-4839-024X>,
(Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава)

Kariuk A., PhD, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0003-4839-024X>,
(National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava)

За раніше розробленою методикою визначені показники температурного режиму експлуатації дорожнього одягу автомобільної дороги Київ-Львів. Результати дослідження вказують на переваги бітумів, модифікованих полімерами, і можуть використовуватися при плануванні перевезень з урахуванням обмежень руху великовагових автомобілів.

Motorways technical condition is influenced by the temperature regime of road covering operation. At high road surface temperatures in the summer time, softening of asphalt concrete with the formation of ruttings and corrugations is observed. Low temperatures in winter cause asphalt concrete fragility, which contributes to the formation of potholes at heavy vehicles wheels dynamic action. In previous researches by the authors it is suggested to use probable monthly and annual durations of dangerously cold and dangerously hot periods as indicators of a temperature mode of road covering operation and technique for their definition was developed. These indicators for the Kyiv-Lviv highway are established due to the data obtained from meteorological stations located alongside the road at a distance of up to 100 km from it. The initial data include the average monthly values and standards of soil surface temperature at 21 meteorological stations obtained according to the results of meteorological observations. The characteristics of bitumen used in manufacture of asphalt concrete for the upper layer of pavement are also taken into account. The results showed that use of bitumen modified with polymers reduces duration of the dangerously cold period by an average of 1.5 times, and dangerously hot - by 16 times compared to conventional petroleum bitumen. The origin of the change in temperature alongside the road enabled dividing it into two segments, each of which has monthly and total annual durations of dangerously cold and dangerously hot periods for road covering made using road bitumen of two types. The results of the study enable conducting monthly planning of automobile transportation considering the restrictions on heavy vehicles movement during dangerously cold and dangerously hot periods. This mode of road operation will minimize damage to road covering.

Ключові слова:

Автомобільні дороги, температура поверхні, тривалості небезпечних періодів
Motorways, surface temperature, duration of dangerous periods

Вступ. Автомобільні дороги повинні забезпечувати регулярний безаварійний рух з метою перевезення пасажирів та вантажів у будь яку погоду і пору року. На технічний стан автомобільних доріг істотно впливає температурний режим експлуатації дорожнього одягу, який визначається

кліматичними умовами місця розташування дороги. При високих температурах поверхні дороги в літній період спостерігається розм'якшення асфальтобетону з утворенням колійності та напливів. Низькі температури взимку викликають крихкість асфальтобетону, що сприяє утворенню вибоїн при динамічній дії коліс великовагового транспорту.

Одним із елементів забезпечення збережуваності й справного технічного стану автомобільних доріг з асфальтобетонним дорожнім одягом є прогнозування параметрів температурного режиму його експлуатації з урахуванням кліматичних умов та використаних матеріалів, а також урахування цих параметрів у процесі експлуатації доріг. Це дозволяє оцінити тривалість небезпечно холодних та небезпечно спекотних періодів для дорожнього одягу відомої конструкції, отримати порівняльні оцінки придатності дорожніх бітумів різних марок у місцевих кліматичних умовах, а також планувати автомобільні перевезення з урахуванням можливих обмежень руху великовагового транспорту протягом небезпечних періодів.

Аналіз останніх досліджень. Норми проектування та експлуатації автомобільних доріг [1] встановлюють вимоги до конструкції та матеріалів дорожнього одягу, зокрема марки бітуму, з урахуванням категорії дороги та районування території України за умовами роботи асфальтобетонного покриття. Окрім того в [1] встановлене експлуатаційне обмеження на рух великовагового транспорту при температурах повітря понад $+28^{\circ}\text{C}$.

У роботі [2] запропоновано у якості показників температурного режиму експлуатації дорожнього одягу використовувати імовірні тривалості періодів, протягом яких температура поверхні дороги приймає значення, небезпечні для даного дорожнього одягу. Там же наведена методика визначення цих показників з урахуванням статистичних характеристик температури повітря та властивостей бітуму, використаного для дорожнього одягу. Необхідні для розрахунків узагальнені статистичні характеристики температури поверхні ґрунту для 207 метеостанцій України наведені в довіднику [3], а дані по температурі повітря на 485 пунктах спостереження України систематизовані в [4]. Визначені таким чином показники температурного режиму експлуатації є статистично обґрунтованими, інтуїтивно зрозумілими й при цьому враховують як кліматичні параметри місцевості, так і характеристики матеріалу дорожнього одягу.

Результати досліджень, виконаних за методикою [2] для автомобільних доріг Київ-Одеса, Київ-Харків-Довжанський, опубліковані в статтях [5, 6]. Ці роботи підтвердили інформаційну забезпеченість і простоту методики розрахунків, а також можливість використання отриманих показників температурного режиму при плануванні автомобільних перевезень.

Мета й задачі дослідження. Метою роботи є дослідження показників температурного режиму експлуатації дорожнього одягу автомобільної дороги Київ-Львів. Для цього необхідно: сформулювати мережу метеостанцій,

розміщених вздовж дороги; створити базу узагальнених метеорологічних даних; за раніше розробленою методикою визначити тривалості небезпечно холодних і небезпечно спекотних періодів; проаналізувати й узагальнити зміни їх тривалості уздовж дороги та протягом року.

Методика дослідження та вихідні дані. Вихідними даними для аналізу є узагальнені статистичні характеристики температури поверхні ґрунту, наведені в довіднику [3]. Тривалість небезпечно холодного періоду для кожного місяця року визначається за формулами [2] через імовірність падіння поверхні дороги нижче температури крихкості бітуму, використаного для виготовлення дорожнього одягу. Тривалість небезпечно спекотного періоду для кожного з місяців року визначається за формулами [2] через імовірність перевищення температурою поверхні дороги температури розм'якшення використаного бітуму. При цьому враховується випадкова температура поверхні ґрунту, додаткове нагрівання від дії сонячної радіації та характеристики використаного бітуму.

Розглядається ділянка дороги Київ–Львів протяжністю 540 км, яка проходить територією Київської, Житомирської, Рівненської та Львівської областей на висоті 110...320 м над рівнем моря. Згідно з картою районування території України за кліматичними умовами роботи асфальтобетонного покриття [1], траса дороги розміщена в кліматичних районах А-1 та А-2. Для прогнозування параметрів температурного режиму сформована мережа з 21 метеостанції, які розміщені на відстані до 100 км від дороги. Перелік метеостанцій, їх висота над рівнем моря H , координати уздовж дороги X та відстань від дороги Y наведені в таблиці 1. Координати трьох метеостанцій (Стрий, Миронівка, Вишгород) на декілька кілометрів виходять за межі дороги, тому вони умовно розміщені на початку та в кінці дороги. Згідно з вимогами норм [1], для спорудження автомобільних доріг в кліматичних районах А-1 та А-2 використовуються нафтові дорожні бітуми БНД 60/90 та БНД 90/130. Невизначеність конкретної марки бітуму, яка була використана при виготовленні асфальтобетону для дорожнього одягу, робить доцільним звуження температурного інтервалу їх експлуатації в запас надійності.

Таблиця 1

Географічні характеристики та показники температурного режиму експлуатації дорожнього одягу автомобільної дороги Львів–Київ

№	Метеостанції	H , м	X , км	Y , км	Середньорічна темпер. ґрунту	Тривалість холодного періоду		Тривалість спекотного періоду	
						БНД 60/90	БНД 60/90-52	БНД 90/130	БНД 60/90-52
1	Львів	319	0	0	7,94	5,06	3,29	0,94	0,04

2	Стрий	297	0	-71	9,28	5,64	3,52	2,27	0,11
3	Кам'янка-Бузька	212	51	19	8,75	6,33	3,94	2,09	0,16
4	Бережани	303	75	-75	8,04	7,29	4,46	1,40	0,07
5	Броди	227	103	0	8,24	7,41	4,82	1,20	0,04
6	Ямпіль	251	154	-22	8,33	7,16	4,35	1,53	0,07
7	Дубно	198	165	0	8,73	7,49	4,96	1,08	0,23
8	Тернопіль	321	165	-98	8,17	7,30	4,60	1,43	0,07
9	Рівне	227	225	0	8,44	9,09	6,08	2,49	0,23
10	Сарни	154	247	93	8,56	9,70	6,75	3,08	0,36
11	Новоград-Волинський	216	317	0	8,08	8,48	5,39	3,75	0,54
12	Олевськ	181	325	91	8,05	11,22	7,93	2,85	0,32
13	Шепетівка	277	355	-76	8,58	10,15	6,84	3,79	0,58
14	Житомир	219	401	0	8,23	9,50	6,38	1,70	0,06
15	Коростень	185	420	87	7,89	10,39	7,04	2,47	0,06
16	Тетерів	132	474	50	8,86	12,15	8,43	5,63	0,65
17	Фастів	208	480	-48	8,78	9,33	5,72	3,50	0,25
18	Біла Церква	179	501	-86	8,97	9,56	5,85	5,14	0,41
19	Вишгород	112	540	20	9,56	9,66	6,37	3,69	0,25
20	Миронівка	151	540	-93	9,58	10,10	6,30	7,89	0,91
21	Київ	166	540	0	8,77	11,78	7,99	2,92	0,21

За даними стандарту [7] для розрахунків прийнята температура крихкості -12°C для бітуму БНД 60/90 та температура розм'якшення $+43^{\circ}\text{C}$ для бітуму БНД 90/130. Проаналізоване також альтернативне рішення з використанням модифікованого полімерами бітуму марки БМП 60/90-52 за [8], який має температуру крихкості -15°C та температуру розм'якшення $+52^{\circ}\text{C}$. Ширший температурний діапазон експлуатації повинен призвести до зменшення тривалості небезпечних періодів для дорожнього одягу, виготовленого з використанням бітуму, модифікованого полімерами.

Показники температурного режиму експлуатації дорожнього одягу. На основі описаних вище вихідних даних усіх метеостанцій за методикою [2] визначені імовірні тривалості небезпечно холодного та небезпечно спекотного періоду для кожного місяця року. З наведеного на рисунку 1 прикладу для метеостанції м. Рівне видно, що небезпечно холодні умови експлуатації дорожнього одягу можуть створюватися в період з листопада по березень, а небезпечно спекотні дні в основному реалізуються з травня по вересень. В усіх випадках кількості небезпечно холодних і небезпечно спекотних днів для дорожнього одягу на основі бітуму БМП 60/90-52, модифікованого полімерами, отримані меншими, ніж при використанні

звичайних нафтових бітумів. Це пояснюється ширшим температурним діапазоном експлуатації бітуму БМП 60/90-52.

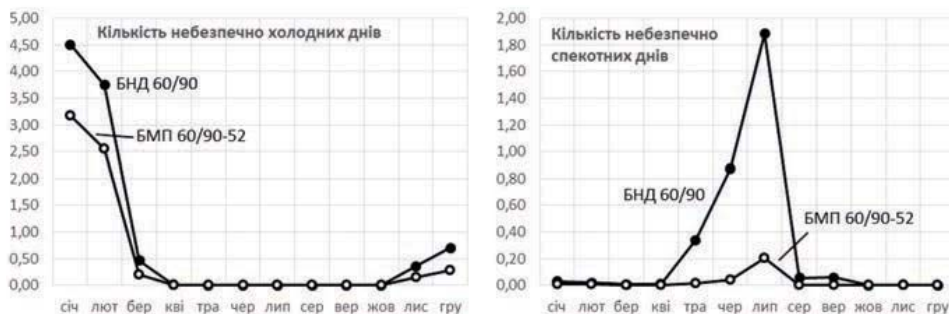


Рис. 1. Імовірні тривалості небезпечних періодів в районі м. Рівне

Сумарні річні тривалості небезпечно холодного періоду та небезпечно спекотного періоду для дорожнього одягу, виконаного із звичайного нафтового бітуму та з бітуму, модифікованого полімерами, наведені в таблиці 1. З таблиці видно, що при використанні бітуму, модифікованого полімерами, кількості небезпечно холодних днів зменшуються в 1,4...1,6 рази, а кількості небезпечно спекотних зменшуються в середньому в 16 разів порівняно із звичайним нафтовим бітумом. Це вказує на більшу стійкість до пошкоджень дорожнього одягу, виконаного на основі бітуму, модифікованого полімерами, особливо в літній період.

Територіальна мінливість показників температурного режиму дорожнього одягу відображена на рисунках 2 і 3, де для кожної з проаналізованих метеостанцій наведені сумарні річні тривалості небезпечно холодного періоду та небезпечно спекотного періоду для дорожнього одягу, виконаного із звичайного нафтового бітуму та з бітуму, модифікованого полімерами. З рисунків 2, 3 і з таблиці 1 видно, що тривалості небезпечних періодів на різних метеостанціях можуть відрізнятись у декілька разів. Зміни для сусідніх метеостанцій носять в основному випадковий характер, але явно прослідковується загальна тенденція до зростання тривалості небезпечно холодного та небезпечно спекотного періоду в напрямку від Львова до Києва. Це обумовлено тим, що середньомісячні значення температури поверхні ґрунту мало змінюються уздовж дороги, а стандарти помітно зростають у напрямку зі Львова до Києва.

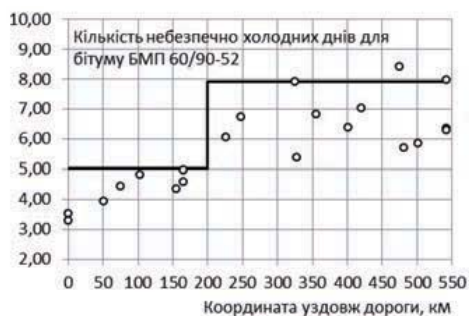
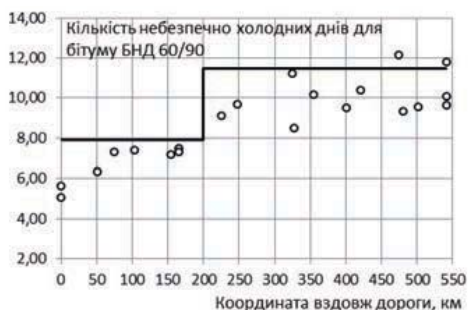


Рис. 2. Тривалості небезпечно холодних періодів для автомобільної дороги Київ-Львів (координата $X = 0$ відповідає м. Львів)

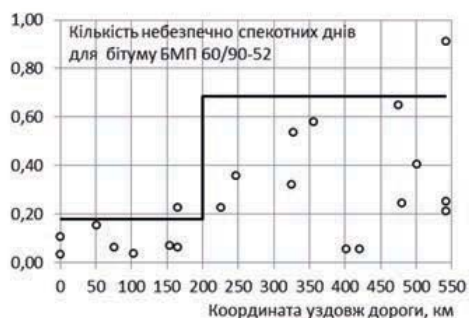
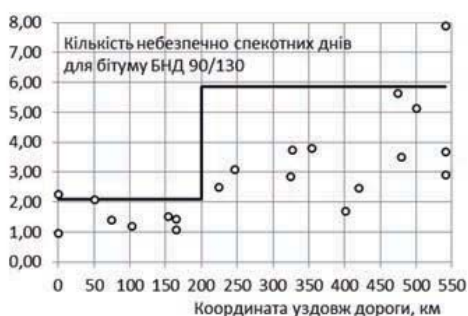


Рис. 3. Тривалості небезпечно спекотних періодів для автомобільної дороги Львів-Київ (координата $X = 0$ відповідає м. Львів)

Значні систематичні зміни показників температурного режиму уздовж автодороги Київ-Львів спонукали розділити її на дві ділянки з різними тривалостями небезпечних періодів. Перша ділянка охоплює 8 метеостанцій у зоні 0...200 км від Львова закінчується в с. Грушвиця Друга (за 10-15 км до м. Рівне). Друга ділянка починається від цього села, включає 13 метеостанцій в зоні 200...440 км від Львова і закінчується Києвом.

За відомою методикою [9] виконана статистична обробка показників температурного режиму для метеостанцій, що відносяться до кожної з виділених ділянок, і визначені найбільші по ділянці тривалості небезпечно холодного та небезпечно спекотного періоду при забезпеченості 0,9. Результати цих обчислень наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Розрахункові значення річної тривалості небезпечних періодів (діб/рік)

Річні тривалості небезпечних періодів для дорожнього одягу на основі бітумів	Ділянка 0...200 км	Ділянка 200...420 км
Холодного періоду для бітуму БНД 60/90	7,9	11,5
Спекотного періоду для бітуму БНД 90/130	2,1	5,9
Холодного періоду для бітуму БМП 60/90-52	5,0	7,9
Спекотного періоду для бітуму БМП 60/90-52	0,2	0,7

Наведені в таблиці 2 розрахункові значення характеристик для обох ділянок дороги показані на рисунках 1 і 2 суцільними лініями. З рисунків видно, що розрахункові значення річної тривалості небезпечних періодів близькі до верхньої межі значень для окремих метеостанцій на відповідних відрізках дороги. Перевищення цих розрахункових значень спостерігаються не більше, ніж для двох метеостанцій в межах дороги.

Для оперативного щомісячного планування автомобільних перевезень краще використовувати місячні розрахункові кількості небезпечно холодних і небезпечно спекотних днів, які обчислені для кожного з місяців року і можуть бути представлені в таблицях, подібних до таблиці 2.

Висновки.

1. Місячні та річні тривалості небезпечно холодних і небезпечно спекотних періодів є інтуїтивно зрозумілими і зручними для використання показниками температурного режиму експлуатації автомобільних доріг, які враховують як кліматичні впливи, так і матеріали, використані для виготовлення дорожнього одягу.

2. Використання бітуму, модифікованого полімерами, зменшує кількості небезпечно холодних днів у середньому в 1,5 рази, а кількості небезпечно спекотних у 16 разів порівняно із звичайним нафтовим бітумом. Це вказує на більшу стійкість до пошкоджень дорожнього одягу, виконаного на основі бітуму, модифікованого полімерами, особливо в літній період.

3. Характер змін показників температурного режиму уздовж автодороги Київ–Львів дозволив розділити її на дві ділянки (перші 200 км від Львова та від 200 кілометра до Києва), для кожної з яких встановлені місячні та річні розрахункові значення тривалості небезпечно холодного і небезпечно спекотного періоду для дорожнього одягу на основі бітуму двох типів.

4. Отримані результати підтверджують доцільність використання дорожніх бітумів, модифікованих полімерами, та можуть використовуватися для оперативного щомісячного планування автомобільних перевезень з урахуванням обмеження руху великовагового транспорту протягом небезпечно холодних і небезпечно спекотних періодів.

1. ДБН В.2.3-4:2015. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. – К. : Мінрегіонбуд України, 2016. – 101 с.

DBN V.2.3-4:2015. Sporudy transportu. Avtomobilni dorohy. – K. : Minrehionbud Ukrainy, 2016. – 101 s.

2. Карюк А.М. Методика оцінювання температурного режиму покриття автомобільних доріг / А.М. Карюк, Б.В. Савенко // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Вип. 1(46). – Полтава: ПолтНТУ, 2016. – С. 246 – 254.

Kariuk A.M. Metodyka otsiniuvannya temperaturnoho rezhymu pokryttia avtomobilnykh dorih / A.M. Kariuk, B.V. Savenko // Zbirnyk naukovykh prats (haluzeve mashynobuduvannya, budivnytstvo). – Vyp. 1(46). – Poltava: PoltNTU, 2016. – S. 246.

3. Кінаш Р.І. Температурний режим повітря і ґрунту в Україні / Р. І. Кінаш, О. М. Бурнаєв. – Львів, 2001.

Kinash R.I. Temperaturnyi rezhym povitria i ґruntu v Ukraini / R. I. Kinash, O. M. Burnaiev. – Lviv, 2001.

4. Температурні впливи на огороджувальні конструкції будівель: монографія / В. А. Пашинський, Н. В. Пушкар, А. М. Карюк. – Одеса, 2012. –180 с.

Temperaturni vplyvy na ohorodzhualni konstruksii budivel: monohrafiia / V. A. Pashynskiy, N. V. Pushkar, A. M. Kariuk. – Odesa, 2012. –180 s.

5. Карюк А.М. Прогнозування температурного режиму поверхні автомобільних доріг на території Одеської області / А.М. Карюк, Т.П. Литвиненко, В.В. Тимошевський // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Вип. 64. – Одеса, 2016. – С. 165–170.

Kariuk A.M. Prohnozuvannya temperaturnoho rezhymu poverkhni avtomobilnykh dorih na terytorii Odeskoi oblasti / A.M. Kariuk, T.P. Lytvynenko, V.V. Tymoshevskiy // Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury. – Vyp. 64. – Odesa, 2016. – S. 165–170.

6. Карюк А.М. Температурні обмеження руху великовагового транспорту на автомобільних дорогах України / А.М. Карюк, І.А. Юрко, П.Б. Митрофанов // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса, 2017. – Вип. 69. – С. 74-78.

Kariuk A.M. Temperaturni obmezhenia rukhu velykovahovoho transportu na avtomobilnykh dorohakh Ukrainy / A.M. Kariuk, I.A. Yurko, P.B. Mytrofanov // Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury. – Odesa, 2017. – Vyp. 69. – S. 74-78.

7. ДСТУ 4044-2001. Бітуми нафтові дорожні в'язкі. Технічні умови. – К. : Держстандарт України, 2001. – 6 с.

DSTU 4044-2001. Bitumy naftovi dorozhni viazki. Tekhnichni umovy. – K. : Derzhstandart Ukrainy, 2001. – 6 s.

8. ДСТУ Б В.2.7-135:2007. Бітуми дорожні, модифіковані полімерами. Технічні умови. – К. : Мінрегіон України, 2007. – 23 с.

DSTU B V.2.7-135:2007. Bitumy dorozhni, modyfikovani polimeramy. Tekhnichni umovy. – K. : Minrehion Ukrainy, 2007. – 23 s.

9. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учеб. для вузов. – 7-е изд. – М.: Высш. шк., 2001. – 575 с.

Venttsel E.S. Teoryia veroiatnostei: Ucheb. dlia vuzov. – 7-e yzd. – M.: Vyssh. shk., 2001. – 575 s.