

РОЗВІДУВАННЯ, ПРОЕКТУВАННЯ ДОРІГ ТА ПЕРЕХОДІВ ЧЕРЕЗ ВОДОТОКИ

УДК 625.70

Гамеляк І.П., д-р техн. наук, Холоднюк В.П.

ЗАСТОСУВАННЯ БЕТОННОЇ БРУКІВКИ У ТРАНСПОРТНОМУ БУДІВНИЦТВІ

Анотація. У статті розглянуто досвід впровадження брукованих покриттів промислових територій, майданчиків, терміналів, портів, аеродромів та автомобільних доріг.

Результати статті повинні використовуватися у подальшому при влаштуванні дорожніх одягів із бруківки при будівництві та ремонті.

Ключові слова: автомобільні дороги, елементи мощення, конструкція дорожнього одягу, дорожнє покриття, площадки, надійність.

УДК 625.70

Гамеляк И.П., д-р техн. наук, Холоднюк В.П.

ПРИМЕНЕНИЕ БЕТОННОЙ БРУСЧАТКИ В ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Аннотация. В статье рассмотрено опыт внедрения дорожных покрытий мощения промышленных территорий, площадок, терминалов, портов, аэродромов и автомобильных дорог.

Результаты статьи должны использоваться в дальнейшем при устройстве дорожных одежд из камней мощения при строительстве и ремонте.

Ключевые слова: элементы мощения, конструкция дорожной одежды, дорожное покрытие, автомобильные дороги, площадки, надежность.

UDC 625.70

Gameliak Igor, Dr. Tech. Sci., **Kholodniuk Vasyl**

THE USE OF CONCRETE PAVING BLOCKS IN TRANSPORT CONSTRUCTION

Abstract. The article describes the experience of introduction road pavements of paving blocks on terminals and areas of logistics centers.

The results of the article should be used in the future when constructing pavements with paving stones in road construction.

Key words: roads, paving blocks, construction of road pavement, road pavement, terminals, reliability.

Вступ

Бетонні камені мощення (бетонна бруківка) є відносно новим матеріалом для покриттів дорожніх одягів в умовах України, але обсяги їх використання постійно зростають. Основним недоліком асфальтобетонних покриттів є залежність експлуатаційних властивостей від температури та незначний строк служби. Перевагою, яка зумовлює широке використання асфальтобетону є технологічність і ремонтпридатність. Монолітні цементобетонні покриття, навпаки, значно більш стійкіші до впливу перепадів температур та довговічніші, але мають суттєві недоліки: потребують технологічної перерви для набору міцності по завершенні вкладання; значні труднощі при виконанні ремонтних робіт.

Покриття із бетонних елементів мощення мають усі переваги цементобетонних покриттів і можуть легко бути відновлені при появі руйнувань чи необхідності аварійних ремонтів інженерних мереж. Крім того даний вид покриття дозволяє добитися архітектурної виразності об'єктів інфраструктури. Тому у розвинених країнах в останні десятиріччя спостерігається зростання обсягів використання штучних елементів бруківки і становлять у Німеччині близько 100 млн. м² покриття, Нідерландах – 18 млн. м², а в Великобританії та США – 12 млн. м² в рік і постійно зростають, що прослідковується на прикладі Польщі та інших країн. Бетонна бруківка застосовується переважно для дорожніх покриттів населених пунктів особливо в зонах із значними

напруженнями зсуву, наприклад зупинки громадського транспорту [1–5]. Бетонні блокові покриття можуть успішно використовуватися при капітальному ремонті існуючих асфальтобетонних покриттів шляхом вирівнювання поверхні вирівнюючим шаром та перекриття бетонними елементами брукування.

Влаштування покриттів на промислових територіях відноситься до однієї із найбільш відповідальних, трудомістких і вартісних будівельних робіт. Від стану покриттів, складських площадок, проїздів і доріг напряму залежить собівартість перевантажувальних робіт, збережуваність вантажів, зношування транспортного обладнання і пропускна здатність терміналів. Штучні камені широко застосовуються для мощення промислових територій, майданчиків, терміналів, портів, аеродромів та автомобільних доріг за кордоном та в Україні в останні 10 – 15 років.

Об'єкт дослідження – дорожнє покриття із елементів брукування.

Мета роботи – аналіз досвіду впровадження конструкцій дорожніх одягів із брукованими покриттями на автомобільних дорогах і площадках.

Метод дослідження – візуальне обстеження дослідних ділянок.

Основна частина

1. Види штучних каменів мощення

Вітчизняними і зарубіжними дослідженнями встановлено, що форма, розміри і розкладка каменів мощення істотно впливають на експлуатаційні показники дорожнього покриття (міцність, рівність) при дії підвищених навантажень.

Для мощення територій з особливо важкими навантаженнями на дорожнє покриття використовуються камені товщиною (висотою) не менше 100 мм. Застосування каменів висотою 80 або 90 мм не допустимо. Це пов'язано з тим, що камені мощення висотою 100 мм, за рахунок сил тертя-заклинки, що діють за їх бічних гранях, розподіляють навантаження на нижні шари основи дорожнього одягу на велику площу, ніж камені висотою 80 або 90 мм. При цьому міцність самих каменів має другорядне значення, з огляду на їх невеликих розмірів і відсутності в них згинальних моментів від зовнішнього навантаження.

Камені мостіння виготовляються на сучасному технологічному обладнанні в заводських умовах, що гарантує якість кожного виробу. Вимоги до штучних каменів для мощення територій наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Технічні характеристики каменів мощення

Найменування параметрів	Значення
-------------------------	----------

Клас бетону по міцності на стиск	B30 (C25 / 30)
Водопоглинання, % за масою, не більше	6
Стираність, г / см. кв, не більше	0,7
Морозостійкість, циклів, не менше	200 (F 200)
Розмір	243,5×243,5×120,0

На рис. 1 представлений варіант форми каменю для мощення територій з підвищеними навантаженнями на дорожнє покриття. Цей вид штучного каменю мощення є найбільш придатним для укладки високонавантажених поверхні портів терміналів, заводських і складських територій. Досвід компанії ТОВ «ПСГ» Камбіо-Інвест» з мощення терміналів з 2006 року (моніторинг за станом покриттів, аналіз проектних рішень, проведення будівельних та ремонтних робіт) дозволяє дати оцінку раніше прийнятими проектними рішеннями і рекомендувати нові - прогресивні форми каменів для мощення. Камінь мощення «Г-подібна Хвиля» набув широкого застосування за кордоном і застосовується для мощення контейнерних терміналів і «руліжних» доріжок аеропортів в т.ч. злітно-посадкових смуг аеродромів нижчих класів.

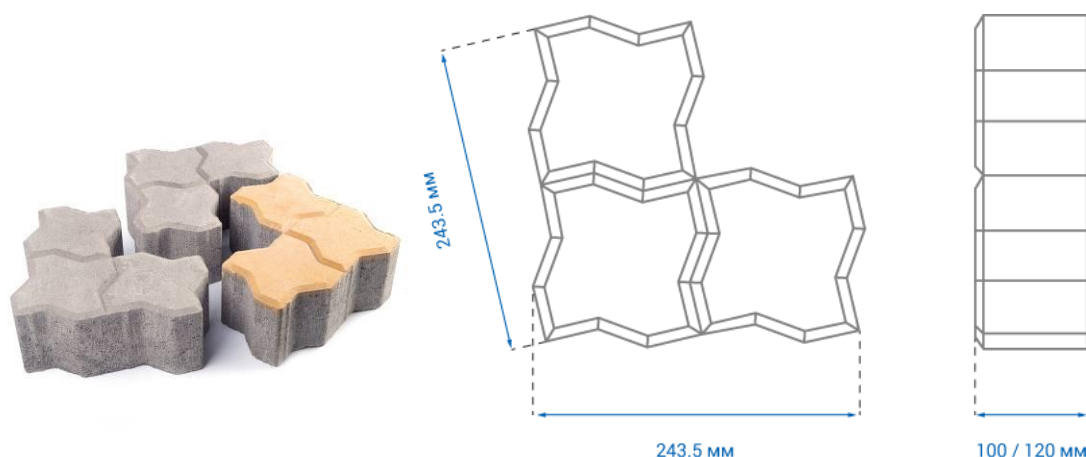


Рисунок 1 – Бруківка «Г-подібна Хвиля»

Криволінійна форма каменю в плані перешкоджає горизонтальному зсуву каменів відносно один-одного.

1. При проектуванні і виробництві робіт необхідно завчасно узгодити малюнок розкладки каменів з урахуванням напрямку руху основного навантаження. Неприпустима розкладка каменів мощення з наскрізними швами, особливо уздовж руху контейнеровозів, навантажувачів і перевантажувачів, порталних кранів на пневмоходу.

2. Форма має криволінійну поверхню з безліччю кутів. Будь-яке перевищення каменю над рівнем мощення призводить до їх відколювання. Як правило така ситуація виникає при ухилах поверхні мощення в декількох площинах, при організації точкового поверхневого водовідведення.

Камінь мощення нового покоління «Г подібна Хвиля» має ряд переваг в порівнянні з традиційними формами "UNI" або "Катушка" (див. табл. 2).

Асфальтобетонні покриття, особливо в літній період, коли температура повітря може бути високою, деформуються під впливом важкого навантаження від коліс навантажувачів і контейнеровозів. В результаті на покритті утворюються поздовжні борозни різної глибини, що перешкоджають нормальній роботі вантажної техніки і руху автотранспорту. Експлуатуючі служби змушені періодично здійснювати фрезерування з подальшим влаштуванням нових шарів покриття. Останнім часом, застосовується щебенево – мастиковий асфальтобетон або крупнозернистий (дренуючий) асфальтобетон на модифікованому бітумі з наступним композитним покриттям, наприклад, "Конфальт" або "Densifalt". Однак, влаштування таких видів покриттів і їх подальший ремонт обходиться значно дорожче мощення.

Таблиця 2 – Переваги каменів мощення «Г-подібна Хвиля»

Особливості форми	Переваги
Г-подібна форма	- менша протяжність швів в покритті (на 30 %); - міцніша; - однаково працює при будь-якому напрямку рухається навантаження (немає необхідності контролювати розкладку); - мінімум підрізування по краях (максимальне заповнення площини мощення).
Розміри в плані 243,5 × 243,5 мм	- розподіл статичного і динамічного навантаження на велику площу. - менший знос покриття; - менший знос покришок перевантажувальної техніки за рахунок наявності фаски у елементах мощення; - менше шум при русі у порівнянні зі збірними плитами.

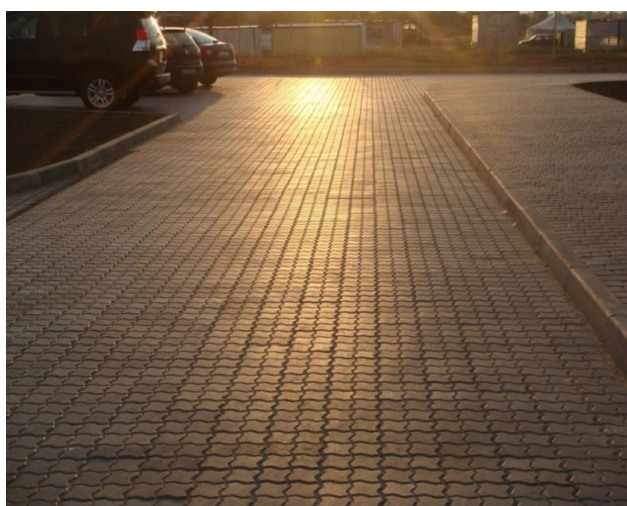
Приклади розкладки в дорожньому покритті каменів наведено на рис. 2.

2. Переваги застосування. Бетонні камені мощення для дорожніх покриттів високонавантажених територій стали активно застосовуватися за кордоном в середині 80-х років, а в нашій країні з кінця 90-х років.

У вітчизняній практиці будівництва, в якості дорожніх покриттів контейнерних терміналів і портових територій, як правило, до недавнього часу

застосовувалися тільки збірні залізобетонні, монолітні бетонні або асфальтобетонні покриття.

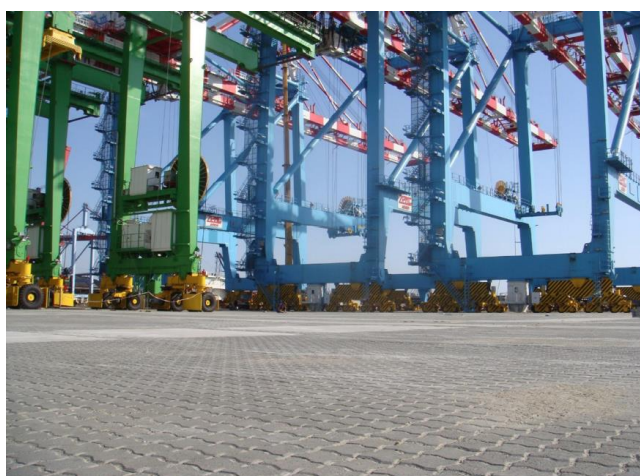
Одним із суттєвих недоліків дорожніх покриттів з великорозмірних залізобетонних плит є утворення уступів між сусідніми плитами в процесі експлуатації (рис. 3). Це відбувається внаслідок труднощів забезпечення щільного контакту основи плит з підстильним ґрунтом при їх укладанні. Рівність і суцільність покриття погіршується, що також негативно позначається на роботі вантажної техніки. Нерідкі випадки пошкодження покришок коліс навантажувачів про виступаючі кути або арматуру бетонних плит. Необхідний суворий контроль якості при виготовленні дорожніх і аеродромних плит і дотримання вимог при їх укладці. Часто потрібні періодичні перекладки плит, заповнення піском чи розчином пустот між основою плити і ґрунтом, а також ряд інших дорожніх заходів.



а)



б)



в)



г)

Рисунок 2 – Приклад розкладки в дорожньому покритті каменів:

а) «Г-подібна Хвиля»; б) «Nika Terra»; в) «TIS»; г) «HPC Hamburg Port Consulting GmbH»

Монолітні залізобетонні покриття рекомендується застосовувати при наявності в основі неперсідних скельних ґрунтів, великоуламкових і піщаних великої і середньої крупності. Товщина монолітних залізобетонних покриттів залежить від умов навантаження на краю плити, де прогини і напруження істотно більші, ніж в центрі плити. Оскільки товщина плити робиться постійною, то виявляється, що матеріал в її центрі працює неефективно, що підвищує вартість конструкції. З іншого боку, вертикальні напруження від навантаження по глибині від поверхні покриття падають досить швидко, так що вимоги до міцності матеріалу в кожній точці по глибині можуть бути знижені. Бетонна ж плита характеризується постійними по глибині високими властивостями міцності, які необхідні в зоні контакту з навантаженням і атмосферними впливами на поверхні покриття, а на глибині виявляються надлишковими. Застосування штучних каменів дозволяє застосовувати під ними матеріали з меншими характеристиками і, отже, більш дешеві. Однак доводиться мати на увазі, що деформативні характеристики покриття з штучними каменями в принципі повинні бути не гірше, ніж у покриття з монолітної бетонної плитою. Це призводить до необхідності використовувати досить потужну багат шарову основу [1].

Монолітні залізобетонні покриття через порушення в технології виконання робіт або застосування неякісного бетону можуть лущитися в процесі експлуатації з подальшим руйнуванням (рис. 3).



Рисунок 3 – Руйнування покриття зі збірних залізобетонних плит та лущення монолітних залізобетонних покриттів

Виправлення такого дефекта – дуже трудомісткий і витратний процес, який не гарантує позитивний результат. Фрезерування алмазною фрезою значного діаметра для зняття слабкого шару і наступне просочення просочувальними матеріалами є достатньо трудомістким і дорогим.

Треба мати на увазі, що асфальтобетонні, монолітні і збірні залізобетонні покриття вимагають при будівництві та ремонті застосування спеціальної дорожньо-будівельної техніки: асфальто- і бетоноукладачів, дорожніх котків і віброрейок, автокранів та ін. Такі роботи проводяться спеціалізованими профільними компаніями. Це значно ускладнює будівництво, вимагає великих площ при організації ремонту і ремонт таких покриттів. Власник несе великі економічні втрати в зв'язку з не використанням складських контейнерних майданчиків під час їх ремонту.

Штучні камені мощення, на відміну від інших матеріалів дорожніх покриттів можуть бути багаторазово використані.

Дрібноштучні елементи легко знімаються при прокладанні або ремонті інженерних мереж і так же легко встановлюються назад. При цьому не потрібно якихось спеціальних машин і механізмів.

Як наголошується в ряді науково-дослідних робіт, відносно невеликі елементи блокових дорожніх покриттів більш плавно огинають нерівності підстилаючої основи не тільки при монтажі покриття, але і в ході його експлуатації. Згинальні моменти в них значно нижче, ніж в покриттях з крупногабаритних плит, немає "виписку" матеріалу основи з пазух в зонах швів, що забезпечує їм більшу працездатність. Тому, блокові дорожні покриття рекомендується влаштовувати при наявності в основі глинистих, мулистих, торф'янистих або інших слабких ґрунтах товщиною більше 0,5 м, з модулем деформації менше 5 МПа.

Наочний приклад стану дорожнього одягу покриття з плит через 5 років на контейнерному терміналі «Схід», як і на зернових терміналах і приклад ремонту із застосуванням каменю «Хвиля» (рис. 4).

Деякі основні характеристики дорожніх покриттів зі штучних каменів мощення наведені в табл. 3.



Рисунок 4 – Приклад ремонту із застосуванням каменю «Хвиля»

Таблиця 3 – Основні характеристики дорожніх покриттів зі штучних каменів мощення

Показники	Характеристика
Несна здатність (сприйняття зовнішніх навантажень)	Несна здатність дорожніх покриттів з плит / каменів мощення не залежить від температури навколишнього повітря.
Технологічність будівництва	Мощення може виконуватися вручну, а також із застосуванням механізованих профілювальників основи і укладальників. Продуктивність механізованого укладання до 1200 м ² в зміну. Роботи з мощення можуть виконуватися в осінній період, коли є коливання денних температур і важко забезпечити якість робіт з бетонування або асфальтування.
Ремонтопридатність	Камені мостіння можуть багаторазово використовуватися (покриття розбирається і відновлюється назад при прокладанні та обслуговуванні підземних комунікацій). Заміна каменів і відновлення покриття не вимагає застосування спеціальних машин і устаткування. Можливо виконувати ремонт на невеликих ділянках. При необхідності рух по ремонтваній ділянці може бути швидко відкрито.
Екологічність	Бетон не виділяє в атмосферу шкідливих речовин і пиловидних часток за рахунок зносостійкості.
Естетичний вигляд	Застосування каменів мощення різноманітних кольорів дозволяє виконати візуальне зонування простору (позначити розмітку, напрямки руху), сформувати певний зоровий образ території.

Розрахунок покриттів із елементів мощення

Відповідно до діючого ВБН В.2.3-218-186, Таблиця Е.5, розрахунковий модуль пружності кам'яної бруківки та пакеляжу приймається 500 МПа для покриття та 400 МПа для основи. Даних по модулю пружності елементів

моцнення дуже мало. Проаналізувавши результати випробувань у роботі [8] для розрахунку конструкцій дорожніх одягів капітального та полегшеного типів пропонуються такі характеристики модуля пружності шару із елементів брукування, Е, МПа, які необхідно внести в Довідник №1 (табл. 4) [9].

Таблиця 4 – Розрахункові характеристики неукріплених матеріалів

Матеріал (грунт)	Модуль пружності Е, МПа
1	2
Бетонна бруківка "Г" подібної форми хвиля" розміром (243,5×243,5×120,0) мм	1200 – 1600
Бетонна бруківка "Г" подібної форми хвиля" розміром (243,5×243,5×120,0) мм	900 – 1200
Бетонна бруківка "фалка" розміром (300×150×100) мм	700 – 900
Бетонна бруківка "фалка" розміром (240×130×80) мм	550 – 650
Бетонна бруківка "подвійне Т" розміром (200×165×80) мм	700 – 900

Для прикладу нижче розглянуто розрахунок варіантів конструкції дорожнього одягу під'їздів та площадки для стоянки зерновозів на вул. Хаджибєєвській 4 в м. Одесі.

Як показують спостереження останніх років, основним типом транспортних засобів для перевезення зерна є 6 – ти вісний автопоїзд, який включає тягач (1+2 осі) та причеп (1+2 осі) (рис. 5).



Рисунок 5 – Загальний вигляд автопоїзда-зерновоза

При стандартному завантаженні повна маса автопоїзда –

$$9,026 + 25,477 + 9,000 + 18,000 = 34,503 + 27,000 = 61,503 \text{ т.}$$

- при перевантаженні $9,026 + 25,477 + 10,000 + 26,000 = 34,503 + 36,000 = 70,503 \text{ т.}$

У першому випадку відбувається перевантаження здвоєних осей на 25.477-22,0=3,477 т в порівнянні з Правилами дорожнього руху, а для другого випадку також відбувається перевантаження задніх осей причепа на 4 т і навантаження

на вісь становить 13 т. Такі транспортні засоби не повинні допускатися до руху. Необхідно встановити ваговий комплекс з обмеженням руху понаднормативних транспортних засобів.

Однак є поодинокі приклади використання 7 (8) – вісних автопоїздів (1+2 тягач та 2+2 (3) причеп) з максимальним перевантаженням. Так фура із Кіровограду ФОП Шевченко в 2016 році перевозила за рейс 115 тонн зерна, а загальна маса такого автопоїзда була 135 т (!!!). Трьохкратне перевантаження не витримали ваги на зерновому терміналі, а асфальтобетонне покриття зруйнувалось за один проїзд. Звичайно такі монстри не повинні допускатися до виїду на дороги.

Потрібний модуль пружності:

$$E_{\text{потр}115 \text{ кН}} = (42,843 \cdot \ln(699 \cdot 201) - 315,68) = 260,9 \text{ МПа.}$$

Враховуючи, що із умов руху на площадці отримане значення потрібного модуля пружності $E_{\text{потр}}$ перевищує наведене в табл. 1.3 [5] для подальших розрахунків прийнято $E_{\text{потр}} = E_{\text{потр}115 \text{ кН}} = 260,9 \text{ МПа}$.

Повторність навантажень за добу ($N_{\text{об}}$) для розрахунку за критерієм зсуву, визначається за формулою 1 (формула 3.13а згідно ВБН):

$$N_{\text{об}} = \frac{\sum N_p}{T_{\text{рдр}} \cdot T_{\text{сл}}}, \quad (1)$$

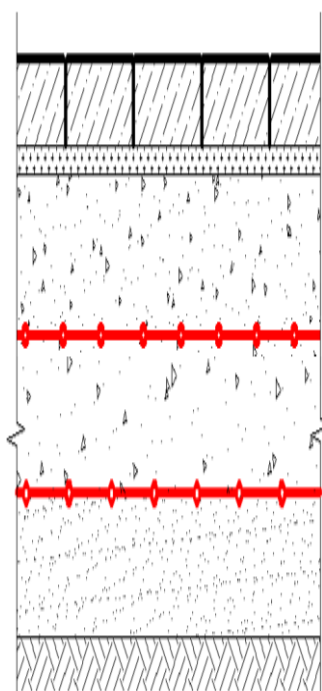
де $T_{\text{рдр}} = 130$ – кількість розрахункових днів на рік для ДКЗ У-III;

$T_{\text{сл}} = 10$ років – строк служби покриття.

Підставивши значення отримаємо діапазон зміни інтенсивності руху:

- мінімальне значення, яке приймається в розрахунках $699 \cdot 201 / (130 \cdot 10) = 537$ осей за добу для розрахунку за критерієм зсуву в ґрунті.

Рекомендована конструкція дорожнього одягу (Варіант І.76) з основою із щебенево-піщаної суміші ЩПС С 5 товщиною $24 + 24 = 48$ см, з подвійним армуванням ґраткою згідно [6, 7], додатковий шар ЩПС С 5 товщиною 15 см, при ґрунті земляного полотна з модулем пружності не менше 27 МПа наведена на рис. 6.



- покриття із ФЕМІВ дорожньої плитки хвиля без заокруглення граней класу міцності на розтяг при згині $Bbtb$ 3,2 (40) при стиску B 35, морозостійкість F 200 при відтаванні в 5% розчині $NaCl$ за ТУ У В.2.6-23527052.002-2000 $E=1600$ МПа $h=12$ см
- цементно – піщана суміш (150 кг цементу на 1 м³ піску) по ГОСТ 8736-85* $E=200$ МПа $h=5$ см
- щебенево – піщана суміш ЦПС С 5 фр. 0-70 мм, неукріплена оптимального складу із міцних порід М 1000...1200 згідно ДСТУ В.2.7.-30-2013 $E=468$ МПа $h=24$ см
- армування георіткою монолітно - литою у вузлах з міцністю на розрив 40 кН/м та відносним видовженням 11%
- щебенево – піщана суміш ЦПС С 5 фр. 0-70 мм неукріплена оптимального складу із міцних порід М 1000...1200 згідно ДСТУ В.2.7.-30-2013 $E=468$ МПа $h=24$ см
- армування георіткою монолітно - литою у вузлах з міцністю на розрив 40 кН/м та відносним видовженням 11%
- щебенево – піщана суміш С5 фр. 0-70 мм, неукріплена, оптимального складу із міцних порід М 1000...1200 згідно ДСТУ В.2.7.-30-2013 $E=240$ МПа $h=15$ см
- ущільнений ґрунт земляного полотна - суглинок легкий пілуватий з коефіцієнтом ущільнення 0,98, $E_{гр}=27,0$ МПа, $\varphi=14$ град, $c=0,007$ МПа.

Рисунок 6 – Рекомендована конструкція дорожнього одягу

Товщина шарів без додаткового шару – 65 см. Загальна товщина КДО – 80 см.

При характеристиках ґрунту менше прийнятих в розрахунках ($E_{гр}=27,0$ МПа, $c=7,0$ кПа, $\varphi=14$) необхідна заміна ґрунту, його укріплення цементом або вапном, армування ґрунту земляного полотна георіткою з міцністю на розрив не менше 40 кН/м і відносним видовженням 9 – 11 % та/або засипкою ЦПС фр. 0 – 70 мм товщиною згідно розрахунку.

Будівництво площадки виконано в жовтні 2016 року.

Контроль якості будівництва автомобільних доріг виконувався Згідно ДБН В.2.3-4 Автомобільні дороги та площадок згідно ДБН В.2.3-5. Споруди транспорту вулиці та дороги населених пунктів: не рідше 3 вимірів на поперечному перерізі через 100 м, та не рідше 3 вимірів на 9000 м² покриття або основи.

Із цих двох умов, враховуючи, що для отримання достовірних даних по середньому значенню показника та його варіації при статистичному аналізі мінімальна кількість точок становила 26 випробувань.

Визначення динамічного модуля пружності в натурних умовах виконувалось приладом "Terratest 3000 GPS" під керівництвом зав. лабораторією ООО "Камбіо будсервіс" Юзбаш Ю.В.. Прилад в комплекті з 10 кг

навантажуючим пристроєм з ергономічним кільцем захвату. Навантажувальна плита діаметром ($D=300$ мм). Вимірювальна електроніка з GPS-системою.

Графік полігону частотей, диференціальна крива та інтегральна крива розподілу модуля пружності ґрунту (після виключення 3 – х відносно міцніших ділянок), отримані на основі статистичного аналізу даних випробувань наведено на рис. 7 та в табл. 5.

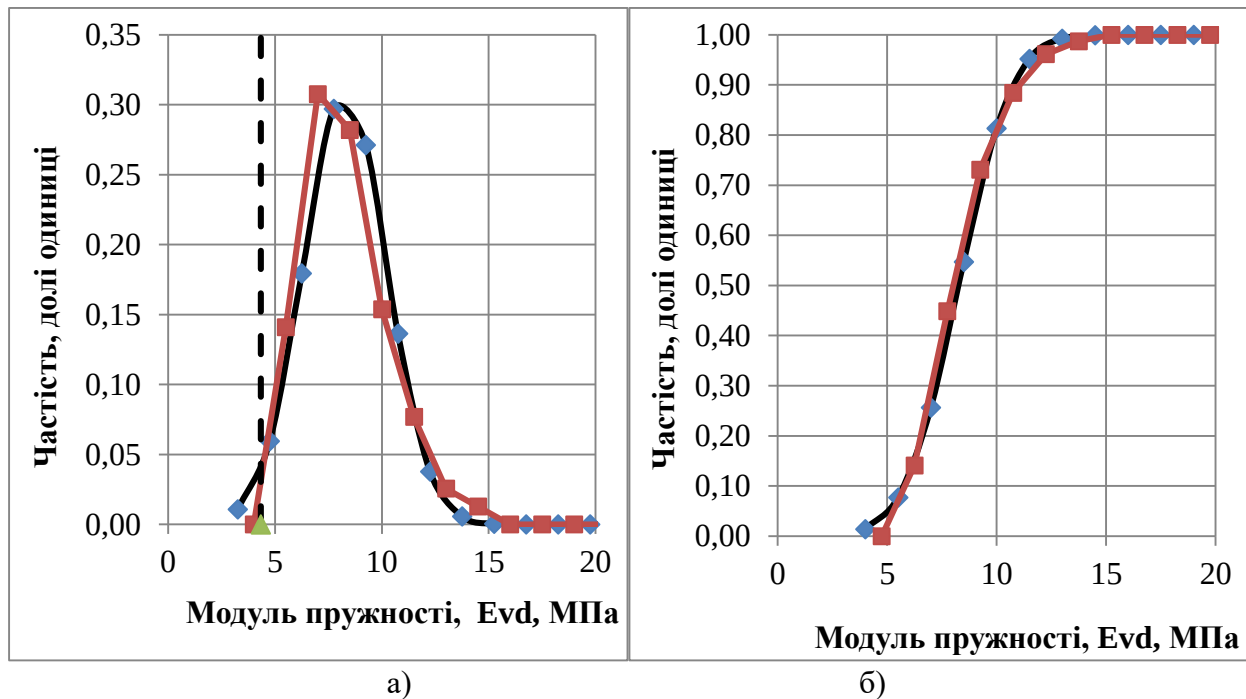


Рисунок 7 – Графік полігону частотей та диференціальна крива а) та інтегральна крива б) розподілу модуля пружності ґрунту

Таблиця 5 – Результати статистичної обробка експериментальних даних визначення динамічного модуля пружності ґрунту

Параметр	Осідання s , мм	Середнє значення $v_1 \dots v_3$, мм/с	s/v	Динамічний модуль пружності Ev_d , МПа
Max	4,74	3,30	7,66	22,40
Min	0,96	1,20	3,03	5,00
Розмах Max-Min	3,79	2,10	4,63	17,40
Середнє	2,95	1,97	5,30	9,33
Стандарт	1,07	0,52	1,18	5,20
Коеф. варіації	36,25	26,33	22,21	55,77

У процесі влаштування шарів дорожнього одягу виконували пошарове визначення статичного модуля пружності (рис. 8).

За період з 2010 р. по 2018 р. на споруджених об'єктах таких як: п. Ладизин Вінницької обл. ТМ Миронівський хлібопродукт (площа 110 000 м²),

Полтавський ГЗК (площа 13 000 м²), Іллічівський рибний порт (площа 16 000 м², автомобільна дорога довжиною 4 км.), логістичний центр “Інрайс Девелопмент” в п. Нерубайське (площа 40000 м²), морський спеціалізований порт “Ніка - Тера” (площа 11 300 м²), “Кернелл” в Одеський та Хмельницький обл. (площа доріг та площадок більше ніж 20 000 м²) та інші.

Підприємство надає термін гарантії п’ять років без втручання в локальну реставрацію. Після 2 – 10 років експлуатації всі конструкції знаходиться в доброму стані. Дефектів та руйнувань не виявлено.

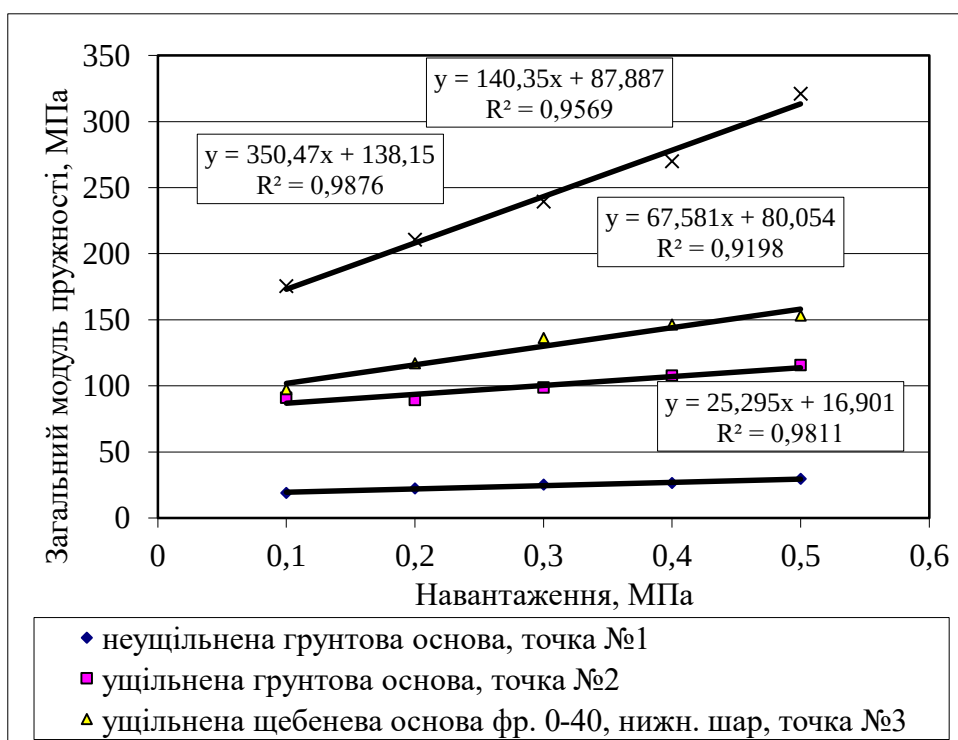


Рисунок 8 – Зведені результати випробувань по визначенню загального модуля пружності в точках № 1 – 4

Висновки

1. У вітчизняній практиці будівництва, в якості дорожніх покриттів контейнерних терміналів і портових територій, де застосовуються тільки збірні залізобетонні, монолітні бетонні або асфальтобетонні покриття необхідно впроваджувати покриття із каменів мощення.

2. При дії великих навантажень раціональними є конструкції із покриттям з каменів мощення та неукріпленою основою, армованою геосинтетичними матеріалами. Коефіцієнт армування ґратки приймається 1,6–1,8 на основі даних попередніх випробувань та підтверджено даними натурних випробувань. Цей коефіцієнт має перевірятися при контролі якості будівництва шляхом випробувань на поверхні покриття з визначенням модуля пружності не менше як у 12–30 точках для кожного шару в різних визначених точках площадки чи ділянки дороги.

3. Перед влаштування шару покриття із ФЕМів необхідно перевіряти несну здатність основи із щебенево-піщаної суміші шляхом випробувань падаючим динамічним навантаженням або штампом. Загальний модуль пружності на поверхні ґрунтової основи повинен бути не менше 45 МПа, морозозахисного (нижнього шару основи) із ЩПС С-5 не менше (100–150) МПа та верхнього шару основи із ЩПС С-5 не менше (200–310) МПа із 90 % забезпеченістю залежно від категорії автомобільної дороги.

4. Необхідна розробка Каталогу типових конструкцій дорожніх одягів автомобільних доріг загального користування та стоянок великовагових транспортних засобів із використанням каменів мощення.

5. Для використання в аеродромному будівництві необхідна розробка нормативного документу ДСТУ «Бруківка бетонна для аеродромного будівництва», який враховує специфіку діючих навантажень від повітряних суден та особливості експлуатації аеродромних покриттів стоянок та перонів.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – використання каменів брукування Г-подібної форми товщиною 12 см для влаштування дорожніх покриттів під великовагові транспортні засоби із навантаженням на вісь (115–130) кН і більше, в тому числі для аеродромів.

Література

1. EN 1338:2003. Concrete paving blocks. Requirements and test methods. Каміні мощення бетонні. Вимоги та методи випробувань.
2. ДСТУ Б EN 1338:2016 Брущатка бетонна. Вимоги і методи випробувань (EN 1338:2003, IDT + EN 1338:2003/AC:2006, IDT).
3. ДБН В.2.3–4:2015. Споруди транспорту. Автомобільні дороги.
4. ГБН В.2.3-37641918-557:2016. Автомобільні дороги. Дорожній одяг жорсткий. Проектування.
5. ВБН В.2.3-218-186-2004. Дорожні одяги нежорсткого типу. Київ, 2004. 175 с.
6. ГБН В.2.3-37641918-544:2014. Автомобільні дороги. Застосування геосинтетичних матеріалів у дорожніх конструкціях. Основні вимоги.
7. GIROUD J P and L NOIRAY. 9.1981 Geotextile-reinforced Unpaved Road Design. Proc: ASCE Journal Geotechnical Engineering : Div : Vol 107 No GT9. P. 1233–1253.
8. Гамеляк І.П., Карафізі Л.М. Досвід впровадження дорожніх покриттів із елементів мощення // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. 2016. Вип. 97. С. 28–41.
9. Довідник №1. Розрахункових характеристик ґрунтів, матеріалів покриттів і основ дорожніх одягів та навантажень від транспортних засобів. Київ, 2017. 39 с.

Рецензенти:

Вирожемський В.К., канд. техн. наук, ДП «ДерждорНДІ».

Павлюк Д.О., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Vyrozhemsky V.K., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), “DerzhdorNDI”.

Pavliuk D.O., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **01.04.2017 р.**

УДК 528.2/.5; 528.065/.067

Павленко Н.В., канд. техн. наук

**ОСОБЛИВОСТІ ПОЛЬОВИХ ВИШУКУВАНЬ ПРИ ВИЗНАЧЕННЯ
ПРОСТОРОВИХ КООРДИНАТ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ
ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ**

Анотація. У статті розглянуто особливості польових вишукувальних робіт з використанням GPS-обладнання при визначенні просторових координат на автомобільних дорогах загального користування на прикладі Харківської області.

Ключові слова: автомобільна дорога, система координат, геоінформаційна система, супутникові спостереження.

УДК 528.2/.5; 528.065/.067

Павленко Н.В., канд. техн. наук

**ОСОБЕННОСТИ ПОЛЕВЫХ ИЗЫСКАНИЙ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ
ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КООРДИНАТ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ
ДОРОГАХ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ**

Аннотация. В статье рассмотрены особенности полевых изыскательских работ с использованием GPS-оборудования при определении пространственных координат на автомобильных дорогах общего пользования на примере Харьковской области.

Ключевые слова: автомобильная дорога, система координат, геоинформационная система, спутниковые наблюдения.

UDC 528.2/.5; 528.065/.067

Pavlenko N.V., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.)

FEATURES OF FULL EXCERPT FOR DEFINITION OF SPACE COORDINATES ON ROADS OF GENERAL USE

Abstract. The article describes the features of the field survey work to use GPS-equipment in determining the spatial coordinates on the public roads of the example of the Kharkov region.

Keywords: road, coordinate system, geographic information system, satellite observations.

В умовах обмеженого фінансового ресурсу, пріоритетною задачею дорожнього господарства є забезпечення нормативного рівня споживчих якостей на якомога більшій протяжності мережі автомобільних доріг, які найбільш завантажені рухом. Чим більший обсяг транспортної роботи буде виконано на дорогах з нормативним рівнем споживчих якостей – тим вище буде ефективність дорожнього господарства. Отже для досягнення вищевказаної мети необхідно проведення стандартизованого комплексу робіт по збору даних, їх обробці, збереженню, аналізу, своєчасного надання інформації всім користувачам в галузі, а також підтримки в робочому стані технічних засобів, програмних та програмно-апаратних комплексів, які супроводжують ці роботи.

Геоінформаційна система автомобільних доріг має стати важливим інструментом прийняття керівництвом Укравтодору об'єктивних управлінських рішень та сприяти встановленню контролю за роботою дорожників з боку громадськості. Завдяки цій системі, Державне агенство автомобільних доріг України зможе планувати розподіл фінансових ресурсів виключно на основі об'єктивних даних про стан автомобільних доріг та штучних споруд, що розташовані на них.

Роботи пов'язані з геодезичним обґрунтуванням проекту були виконані згідно з Інструкцією з топографічного знімання в масштабі 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000.

Просторові координати визначені в міжнародній геоцентричній системі координат WGS 84 та трансформовані у Державну геодезичну систему

координат СК 63 та УСК-2000 та відповідають вимогам СОУ 42.1-37641918-038:2016 «Паспорт автомобільної дороги» [1]; СОУ 42.1-37641918-063:2016 «Геоінформаційна система автомобільних доріг. Вимоги до складу, змісту та застосування» [2]; СОУ 42.1-37641918-122:2014 «Автомобільні дороги. Вимоги до комплексу робіт з інформаційного забезпечення» [3].

Проведення топографо-геодезичних зйомок і обстежень земельних ділянок є одним із землевпорядних дій, що включаються в землеустрій, та покликане забезпечити топографічною основою у вигляді карт і планів інші землевпорядні дії.

Виконання геодезичних робіт при використанні GPS – обладнання можна розділити на три основні етапи:

- планування;
- польова частина робіт (супутникові спостереження);
- обробка результатів вимірів.

Під плануванням робіт мали на увазі не тільки проектування мережі обумовлених пунктів, а й вибір оптимальних періодів часу доби, найбільш сприятливих з точки зору найкращих геометричних показників, розположення сузір'їв супутників і з врахуванням умов закритості (перешкод для проходження сигналів від супутників) точок, що визначаються. Часто планування на поточний та наступні дні достатньо виконувати відносно деякої центральної точки зони передбачуваних денних робіт.

Планування здійснювалось за допомогою спеціальної програми з подальшою видачею результатів в графічній формі. Ця програма є складовою частиною загального програмного пакету. Польова частина методики проводилась згідно з плануванням. Виміри здійснювались в так званому диференційному режимі, тому для роботи використовували приймачі з антенами.

Існує декілька методик проведення супутникових спостережень. За кількома відмітними критеріями (час спостереження на точці, вимоги до кількості супутників, що відслідковуються, надмірність фіксуєної інформації, структура запису даних, склад апаратури, що використовується, технології виконуючих процедур) їх можна розділити на дві основні групи: статичні і кінематичні.

Статичний метод припускає, що вимірювання виконуються одночасно між двома і більше нерухомими приймачами тривалий період часу. За час

вимірювань змінюється геометричне розташування супутників, яке відіграє значну роль у вирішенні неоднозначності. Великий обсяг вимірювань дозволяє зафіксувати пропуски циклів і правильно їх змодельовати. Статичний метод застосовується при виконанні високоточних робіт, при вимірах векторів більше 15-20 км, а також при обмежених вікнах спостережень з мінімальною кількістю супутників.

До кінематичного метода відносяться:

- метод «Stop & Go»;
- метод «RTK».

Для виконання вимірювань методом RTK необхідне наступне устаткування; референцної станція, одна (або більше) мобільна станція, спеціальне обладнання для передачі даних з референцної на мобільний приймач (радіомодем), спеціальне програмне забезпечення приймачів.

Референцна станція встановлюється на пункті з відомими координатами. Референцний приймач обчислює і передає по лінії зв'язку поправки до вимірювання псевдовідстаней на мобільний приймач. Поправки визначаються як різниця вимірювання псевдовідстаней і істинної дальності, обчисленої за точними координатами, введеним в приймач. Визначення виконується кожен епоху спостережень. Мобільний приймач вводить прийняті поправки до вимірювані їм псевдовідстаней і виправлені значення дальностей використовує для обчислення свого становища.

Координати визначаються негайно в польових умовах. RTK застосовується в мережах з великою кількістю пунктів (точок) на відкритій місцевості, при створенні знімальних мереж. Тривалість часу вимірів на пункті - менше 1 хв.

Основні вимоги аналогічні вимогам методу Stop & Go, а технологія виконання вимірювань методом RTK аналогічна технології методу Stop & Go.

Особливі вимоги пред'являються до засобів передачі поправок - Радіомодем. Референцної станцію рекомендується встановлювати на відкритому, піднесеному місці для забезпечення безперешкодної радіозв'язку між приймачами і збільшення радіусу дії радіомодеми.

На даний час на території України були створені мережі перманентних станцій, які діють в режимі RTK. Однією з таких мереж є мережа перманентних станцій System.NET, що використовувалась при визначенні просторових координат на автомобільних дорогах (рисунок 1).

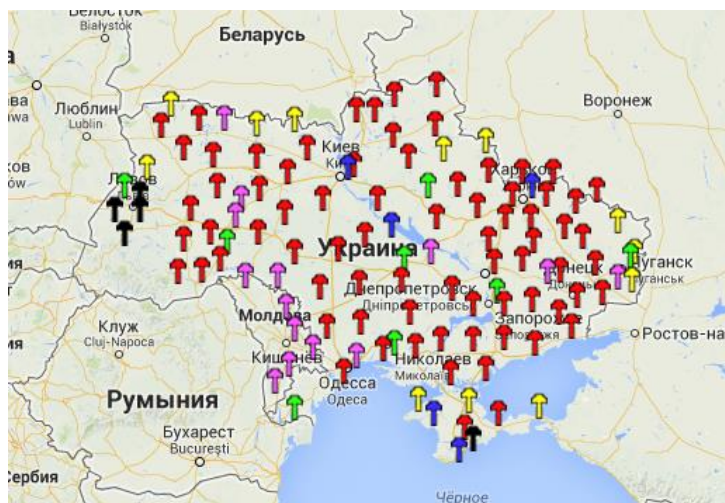


Рисунок 1 – Мережа перманентних станцій System.NET

Це мережа перманентних GPS та/або ГНСС станцій, комбінування даних з яких використовується для генерації RTK корекцій для роверного (рухомого) приймача. Таке формування RTK поправок отримало назву «Мережевої RTK». Зараз в літературі широко використовується термін RTN (Real Time GNSS Network) – ГНСС мережа для роботи в режимі реального часу.

Сьогодні RTN функціонують в багатьох країнах світу, таких як США та Канада, Велика Британія та Ірландія, Німеччина, Іспанія, Польща, Угорщина та багато інших. RTK мережі розрізняються розміром від невеликих локальних мереж, що складаються з декількох референсних станцій до десятків станцій що охоплюють континенти, наприклад Північно-американська SmartNet (<http://smartnet.leica-geosystems.us>). Для отримання RTK корекцій користувачі оформляють підписку на сервіс мережевого RTK замість того, щоб встановлювати свою базову станцію. RTK-поправки можуть формуватися різними способами:

- Master-Auxiliary corrections (MAX);
- Індивідуальні MAX (i-MAX);
- Віртуальна базова станцій (VRS);
- Flächen-Korrektur-Parameter (FKP) - метод площинних поправок.

Автоматична обробка даних на сервері мережі (Computation service) - це виконання GPS-вимірювання в режимі післясеансної обробки і можливість самостійно виконувати зрівнювання даних. Сервіс дозволяє завантажувати дані як статичних, так і кінематичних вимірювань використовуючи web-інтерфейс і

виконати їх автоматичне зрівнювання. Зрівняння виконувались щодо перманентних базових станцій мережі засобами встановленого на сервері програмного комплексу Leica GeoOffice (LGO). Результатом обробки являються координати точок в системі координат УСК-2000 із зазначенням точності результатів вимірювань.

Станції мережі станцій System.NET прив'язані до Державної геодезичної мережі та включені у банк геодезичних даних. Фактична точність прив'язки координат мережі станцій System.NET до УСК-2000 на епоху 2014.892 становить ± 0.01 м. Висоти станцій у Балтійській системі висот 1977 року в межах цієї роботи не визначалися.

Станції мережі System.NET можуть використовуватися при створенні та оновленні топографічних карт та планів, ведені земельного, містобудівного кадастрів та інших видах топографо-геодезичних робіт.

Для проведення топографо-геодезичних робіт на території Харківської області за опорні пункти приймалися пункти перманентної мережі System.NET (рисунок 2).

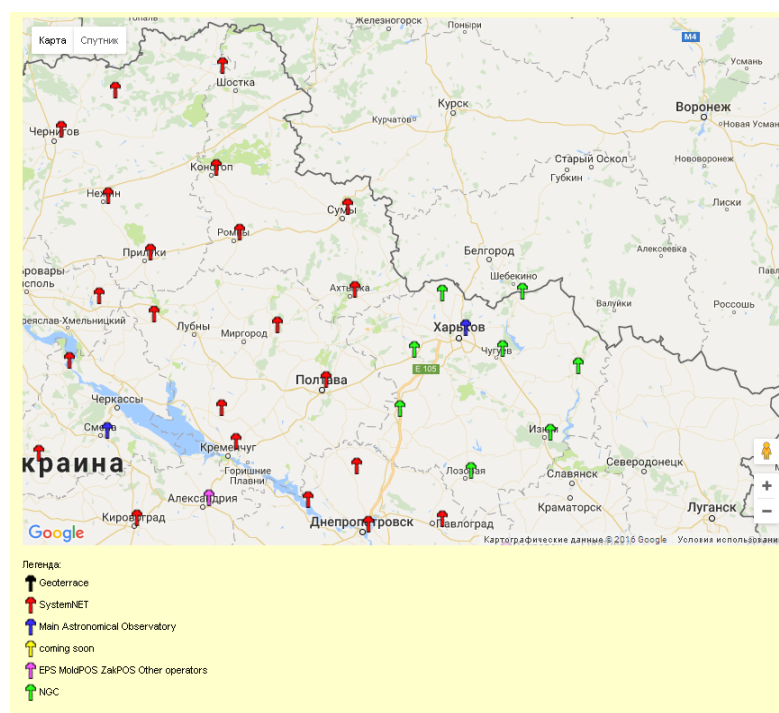


Рисунок 2 – Пункти перманентної мережі System.NET у Харківській області

Характеристика опорних пунктів наведена в таблиці 1.

Роботи по створенню знімальної мережі виконувались приймачем Leica GS08 plus з контролером Leica CS10 (SN 3164881 / 3164874) повіреним Leica

Geosystems з точністю обговореною згідно технічного завдання на виконання робіт та діючих інструкцій по проведенню топографо-геодезичних робіт. Приклад результатів врівноваження опорної мережі автомобільної дороги М-20 Харків-Щербаківка наведено у таблиці 2 . Наведена схема спостережень GPS вимірювань на дорозі М-20 Харків-Щербаківка (рисунок 3) та схема спостережень GPS вимірювань по харківській області (рисунок 4).

Таблиця 1 – Характеристика опорних пунктів в Харківській області

№ з/п	Ідентифікатор базової станції	Повна назва постійно діючої станції	X	Y	H _{Балт.77}
1	VALK	Валки	5513992.883	5308944.670	186.86
2	VLCH	Вовчанськ	5565168.396	5402406.326	122.97
3	ZOCH	Золочів	5562771.443	5332502.374	183.43
4	IZUM	Ізюм	5442607.650	6210997.342	93.20
5	KRGD	Красноград	5462270.771	5295732.890	172.60
6	KPSK	Куп'янськ	5499727.530	6236434.070	96.86
7	LOZV	Лозова	5408140.821	5359632.412	206.55
8	PRVM	Первомайський	5464421.902	5351882.622	204.20
9	KHBA	Харків	5536066.942	5353404.636	204.84
10	CHUG	Чугуїв	5515018.221	5385917.255	128.23

Результати врівноваження опорної мережі автомобільної дороги М-20 Харків-Щербаківка (на Белгород) наведено у таблиці 2

В результаті проведених польових вишукувальних робіт отримані результати для подальшого оброблення визначених координат на автомобільних дорогах загального користування на прикладі Харківської області. При використанні координат в режиму RTK, експорт каталогу координат виконується у системі, заданій при створенні проекту в CREDO GNSS приймача до початку спостережень. Подальший перерахунок координат в інші системи координат виконувався в спеціальному програмному забезпеченні CREDO.

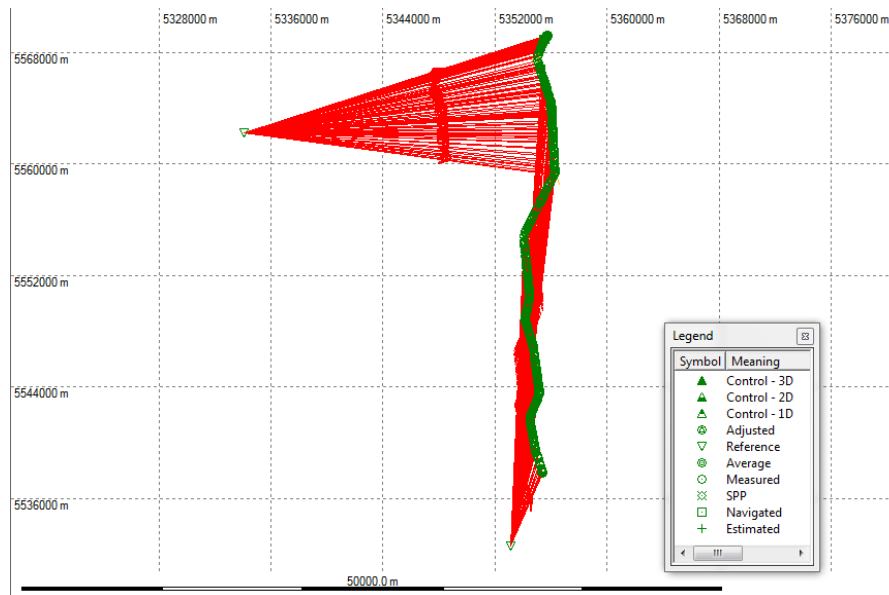


Рисунок 3 – Схема спостережень GPS вимірювань на дорозі М-20 Харків-Щербаківка

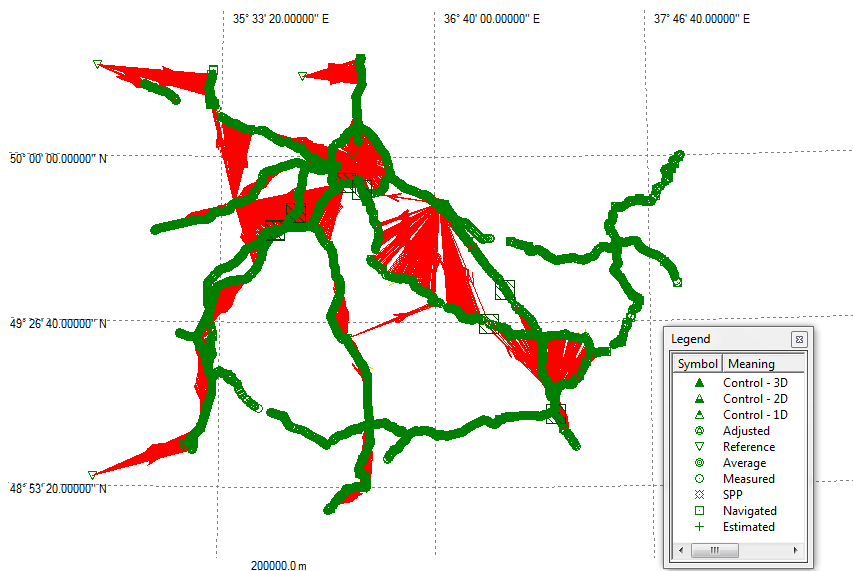


Рисунок 4 – Схема спостережень GPS вимірювань в Харківській області

Незалежно від режиму визначення координат, каталог координат формується згідно необхідних систем координат. Характеристики точності визначення координат точок за результатами обчислень відповідають М 1:500.

Таблиця 2 – Відомість GPS - спостережень

Project name: M20
 Comment: 26_09_2016
 Linear unit: Meters
 Device Leica GS08 plus з контролером Leica CS10 (SN 3164881 / 3164874)
 Projection: SK63
 Adjustment Summary
 Adjustment type: Plane + Height, Minimal constraint
 Confidence level: 95 %
 Number of adjusted points: 671
 Number of plane control points: 2
 Number of used GPS vectors: 671
 A posteriori plane UWE: 1 , Bounds: (1 , 1)
 Number of height control points: 2
 A posteriori height UWE: 1 , Bounds: (1 , 1)

Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	H (m)	Horizontal Precision X (m)	Horizontal Precision Y (m)	Vertical Precision (m)
20M0001	5541554,12	5354538,374	209,65	0,0105	0,0085	0,0222
20M0002	5541553,947	5354536,76	210,177	0,0111	0,0093	0,0237

Література

1. СОУ 42.1-37641918-038:2016 «Паспорт автомобільної дороги».
2. СОУ 42.1-37641918-063:2016 «Геоінформаційна система автомобільних доріг. Вимоги до складу, змісту та застосування».
3. СОУ 42.1-37641918-122:2014 «Автомобільні дороги. Вимоги до комплексу робіт з інформаційного забезпечення».

Рецензенти:

Павлюк Д.О., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.
 Гончаренко Ф.П., канд. техн. наук, ДП "Укрдипроддор".

Reviewers:

Pavliuk D.O., Dr. Tech. Sci., National Transport University.
 Honcharenko F.P., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), "Ukrdiprodor".

Стаття надійшла до редакції: **05.04.2017 р.**

ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ

УДК 625.7/.8

Мішутін А.В., д-р тех. наук., Лещук О.М.

ПІДВИЩЕННЯ ТРІЩИНОСТІЙКОСТІ ТА ДЕФОРМАТИВНОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Анотація. В статті запропоновано модель поведінки асфальтобетонного покриття конструкції дорожнього одягу під час експлуатації від моменту закінчення капітального ремонту за кожним із критеріїв граничного стану описується зміною коефіцієнту запасу міцності, який залежить від зміни характеристик жорсткості та міцності всієї конструкції у часі. Також з метою підвищення довговічності покриття автомобільних доріг запропоновані матеріалознавчі, конструктивні та експлуатаційні заходи.

Ключові слова: асфальтобетонне покриття, конструкція дорожнього одягу, тріщиностійкість, деформативність, навантаження, транспортний засіб, температура.

УДК 625.7/.8

Мишутин А.В., д-р тех. наук., Лещук О.Н.

ПОВЫШЕНИЕ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ И ДЕФОРМАТИВНОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Аннотация. В статье предложена модель поведения асфальтобетонного покрытия конструкции дорожной одежды при эксплуатации с момента окончания капитального ремонта по каждому из критериев предельного состояния описывается изменением коэффициента запаса прочности, который зависит от изменения характеристик жесткости и прочности всей конструкции во времени. Также с целью повышения долговечности покрытия автомобильных

дорог предложены материаловедческие, конструктивные и эксплуатационные мероприятия.

Ключевые слова: асфальтобетонное покрытие, конструкция дорожной одежды, трещиностойкость, деформативность, нагрузки, транспортное средство, температура.

UDC 625.7/.8

Mishutin A., Dr. Tech. Sci., Leschuk O.

STRENGTHENESS AND DEFORMATION OF ASPHALT COVERED COVERING OF AUTOMOTIVE ROADS INCREASING

Abstract. In the article the model of the behavior of asphalt concrete covering of the design of road clothes during operation from the moment of the completion of major repairs for each of the criteria of the boundary condition is described by changing the coefficient of strength, which depends on changes in the characteristics of rigidity and strength of the entire structure in time. Also, in order to increase the durability of road coverage, material, design and operational measures are proposed.

Key words: asphalt concrete coating, road surface design, crack resistance, deformability, load, vehicle, temperature.

Вступ

В останні роки у транспортних потоках на автомобільних дорогах збільшилася інтенсивність руху та значно зросла доля великовантажних транспортних засобів із збільшеною кількістю осей та загальною вантажопідйомністю, а також підвищеним тиском у пневматиках. На такі підвищені параметри транспортного навантаження існуюча мережа автомобільних доріг України не була розрахована, що стало одним із вагомих факторів зменшення їх довговічності. Основною проблемою стану автомобільних доріг загального користування є: скрутний фінансовий стан та постійне недофінансування дорожнього господарства протягом останніх років; 70 – 80 % автомобільних доріг побудовані у 60 – 70 роках ХХ – століття під тогочасні навантаження та нормативні документи; збільшенням інтенсивності та великовагових транспортних засобів понад 90% автомобільних доріг загального

користування потребують проведення ремонтних робіт. Тому кошти, що виділяються щорічно на ремонтно-будівельні роботи згідно Закону України «Про Державний бюджет України» і охоплюють лише 1 – 1,5% від загальної мережі доріг України першочергово спрямовуються на ремонтні роботи з відновлення та покращення експлуатаційних якостей доріг і на заходи з підвищення безпеки дорожнього руху. Тому актуальність роботи полягає у підвищенні тріщиностійкості та деформативності асфальтобетонного покриття автомобільних доріг.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Існуючі сучасні методи розрахунку конструкцій дорожнього одягу базуються на результатах дослідження напружено-деформованого стану шарів відомих вітчизняних вчених: О.К. Біруля, А.Г. Булавка, І.П. Гамеляк, К.Є. Єгорова, М.М. Іванова, Б.І. Когана, М.Б. Корсунського, А.М. Кривиського, О.В. Марчука, С.І. Міховича, В.Г. Піскунова, А.К. Приварнікова, Б.С. Радовського, Р.М. Раппопорта, О.О. Рассказова, В.Я. Савенка, В.С. Сіпетова, К.С. Теренецького, Л.І. Федоренко, Ю.А. Шевлякова, О.Я. Шехтера, та зарубіжних вчених: Бурмістера, Джонса, Мергера, Шифмане та ін [1, 2].

Аналіз проведених досліджень створено аналітично-розрахункового апарату, що дозволяє виконувати розрахунки напружено-деформованого стану покриття та шарів дорожнього одягу, використовуючи деформаційні характеристики і граничні стани конструкції дорожнього одягу значною мірою залежать від термореологічних властивостей матеріалів дорожнього одягу і ґрунту земляного полотна, що відображають вплив часу дії навантаження за різних температур. Питанням урахування таких властивостей матеріалів займалися В.Ф. Бабков, О.Т. Батраков, А.М. Богуславський, М.І. Волков, Л.Б. Гезенцвей, Г.І. Глушков, М.М. Дмитрієв, О.О. Жуков, Д.В. Єрмакович, В.К. Жданюк, В.О. Золотарьов, О.Ю. Мерзлікін, В.В. Мозговий, Є.Д. Прусенко, А.М. Онищенко, А.В. Руденський, А.О. Саль, С.І. Сіденко, В.В. Смолянець, А.С. Супрун, П.І. Теляєв, В.С. Титарь, Н.Я. Хархута та ін. [1-13]. Підвищенням тріщиностійкості та деформативності асфальтобетонного покриття конструкції дорожнього одягу автомобільних доріг, присвячені розробці нових підходів з надважким навантаженням проводяться в ряді Європейських країн, зокрема в Німеччині та в США. Серед нових підходів - використання полімер модифікованих бітумів при влаштуванні нижніх шарів асфальтобетонного покриття [1. 4, 5, 13, 14], також вітчизняні дослідження, особливу увагу

звертають на термореологічну поведінку асфальтобетонного покриття, а також шарів дорожнього одягу та ґрунту земляного полотна, які реагує на швидкість руху та час дії навантаження. Безпосередньо на основі таких досліджень було показано, що для основи під асфальтобетонне покриття застосовувати шари із матеріалів що мають меншу термореологічну чутливість [3, 6]. На сьогоднішній день в Європі і в США на найбільш завантажених трасах, як правило, застосовуються такі конструкції дорожніх покриттів, що забезпечують високу стійкість до колієутворення, в тому числі від впливу шипів покришок (абразивний знос).

Існуючі нормативні документи з розрахунку конструкцій дорожнього одягу на міцність і дослідження, що направлені на визначення напружено стану конструкції дорожнього одягу при розрахунках їх на міцність, містять суттєві спрощення в моделюванні параметрів транспортного навантаження та моделюванні роботи конструкції дорожнього одягу при дії навантажень. Застосування спрощень були цілком оправданим кроком для минулих часів у зв'язку з суттєвою громіздкістю аналітичних рішень та впливом значної кількості факторів, що обумовлюють достовірність визначення параметрів напружено-деформованого стану конструкції дорожнього одягу і складністю отримання чисельних результатів із-за малопотужної комп'ютерної техніки.

Неточності, які були з цим пов'язані, компенсувались емпіричними коефіцієнтами, що встановлювались на основі масового обстеження автомобільних доріг у відповідних кліматичних та гідрогеологічних умовах. Нинішня зміна параметрів транспортного навантаження не може бути в достатній мірі відображена і врахована в існуючих розробках для забезпечення достовірного визначення напружено-деформованого стану дорожнього одягу. Тому є доцільним дослідити поведінку асфальтобетонного покриття конструкції дорожнього одягу під час експлуатації сучасних транспортних засобів від моменту закінчення капітального ремонту за кожним із критеріїв граничного стану, що описується зміною коефіцієнту запасу міцності, який залежить від зміни характеристик жорсткості та міцності всієї конструкції у часі.

Формулювання цілей (постановка завдання). Основним завданням даної роботи є підвищення тріщиностійкості та деформативності асфальтобетонного покриття конструкцій дорожнього одягу автомобільних доріг під час експлуатації транспортних засобів з різним часом дії навантаження.

Виклад основного матеріалу дослідження. Асфальтобетонне покриття конструкції дорожнього одягу нежорсткого типу, що влаштоване під час капітального ремонту на конкретному об'єкті автомобільної дороги, яка розраховується згідно вимог [15]. Даний нормативний документ передбачає виконання розрахунків на нормативний термін служби, згідно «Порядку проведення ремонту та утримання об'єктів благоустрою населених пунктів», затвердженого наказом Державного комітету України з питань житлово-комунального господарства від 23 вересня 2003 року № 154, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 12 лютого 2004 року за № 189/8788. Основні положення розрахунку дорожнього одягу за [15] дозволяють розробити модель поведінки конструкції дорожнього одягу за критеріями граничного стану під час експлуатації, що полягає в наступному. Конструкції дорожнього одягу, як і інші будівельні конструкції, розраховують за трьома критеріями граничного стану. Згідно вимог [15] критеріями граничного стану дорожніх одягів є: пружний прогин конструкції; опір зсуву у шарах із мало зв'язних матеріалів та в ґрунті земляного полотна; опір розтягу при згині шарів із монолітних матеріалів. За допустимим пружним прогином виконують попереднє конструювання дорожнього одягу, який потім розраховують за двома іншими критеріями граничного стану. Методично доцільно дотримуватися наступної послідовності розрахунку: – виконати розрахунок дорожнього одягу за допустимим пружним прогином. Розрахунок виконують на основі залежності необхідного загального модуля конструкції від розрахункової інтенсивності руху. У результаті цього розрахунку визначаються товщини конструктивних шарів таким чином, щоб загальний модуль пружності дорожнього одягу був не меншим за необхідний, з урахуванням відповідного коефіцієнта надійності – виконати розрахунок отриманої конструкції дорожнього одягу за двома незалежними критеріями міцності: опором зсуву в ґрунті і шарах з мало зв'язних матеріалів і міцності шарів з монолітних матеріалів при згині. Конструкція дорожнього одягу вважається міцною, якщо коефіцієнт міцності $K_{\text{мц}}$ за кожним із критеріїв більший чи дорівнює мінімально допустимому $[K_{\text{мц}}]$, знайденому з урахуванням необхідного рівня надійності. Якщо хоча б один із критеріїв є меншим від мінімально допустимого значення, тобто $K_{\text{мц}} < [K_{\text{мц}}]$ то така конструкція не є достатньо міцною і не може бути застосована. Тому представлена, модель поведінки конструкції дорожнього одягу під час експлуатації від моменту

закінчення капітального ремонту за кожним із критеріїв граничного стану описується зміною коефіцієнту запасу міцності, який залежить від зміни характеристик жорсткості та міцності всієї конструкції у часі.

Пропонується модель оцінки міцності асфальтобетонного покриття конструкції дорожнього одягу за критеріями граничного стану під час експлуатації транспортних засобів. Для забезпечення міцності асфальтобетонного покриття конструкції дорожнього одягу під час експлуатації пропонується оцінювати за критерієм загального модуля пружності його зміна у часі буде залежати від зміни його у часі $E(t)_{заг}$ та від зміни $E_{нотр}(\sum N(t))$ [14] за умовою:

$$K_{мц} \leq \Pi_{мц}^E, \quad (1)$$

де $K_{мц}$ – коефіцієнт міцності дорожнього одягу, приймається згідно [15] і залежить від допустимого рівня надійності;

$\Pi_{мц}^E$ – показник міцності асфальтобетонного покриття конструкції дорожнього одягу під час експлуатації пропонується оцінювати за критерієм загального модуля пружності його зміна у часі буде залежати від зміни його у часі за виразом (2).

$$\Pi_{мц}^E = \frac{E_{заг}(t)}{E_{нотр}(\sum N(t))}, \quad (2)$$

де $E_{заг}(t)$ – загальний модуль пружності конструкції залежить від часу дії навантаження;

$E_{нотр}(\sum N(t))$ – потрібний модуль пружності конструкції з урахуванням капітальності одягу, типу покриття й інтенсивності дії навантаження.

У кінці строку служби цей показник ($\Pi_{мц}^E$) повинен становити не менше 1,50.

Для забезпечення деформативності асфальтобетонного покриття конструкції дорожнього одягу під час експлуатації пропонується оцінювати за критерієм стійкості (3) проти зсуву в ґрунті та шарах із незв'язних матеріалів його зміна у часі буде залежати від зміни його у часі $T_{сп}(t)$ та від зміни $T(\sum N(t))$ [14] за умовою:

$$K_{мц} \leq \Pi_{мц}^{ep}, \quad (3)$$

де $\Pi_{мц}^{ep}$ – показник деформативності асфальтобетонного покриття конструкції дорожнього одягу під час експлуатації проти зсуву в ґрунті та шарах із незв’язних матеріалів зміна у часі за визначається за виразом (4).

$$\Pi_{мц}^{ep} = \frac{T_{zp}(t)}{T(\sum N(t))}, \quad (4)$$

де $T_{zp}(t)$ – гранична величина активного напруження зсуву, перевищення якої викликає порушення міцності на зсув і залежить від зміни його у часі;

$T(\sum N(t))$ – розрахункове активне напруження зсуву (частина зсувного напруження, непогашена внутрішнім тертям) в розрахунковій (найбільш небезпечній) точці конструкції від діючого тимчасового навантаження і залежить від зміни його у часі;

У кінці терміну служби цей показник ($\Pi_{мц}^{ep}$) повинен становити не менше 1,51.

Для забезпечення тріщиностійкості асфальтобетонного покриття конструкції дорожнього одягу під час експлуатації пропонується оцінювати за критерієм міцності монолітних шарів на розтяг при згині його зміна у часі буде залежати від зміни його у часі $R_{32}(t)$ та від зміни $\sigma(\sum N(t))$ [3, 4, 14] за умовою:

$$K_{мц} \leq \Pi_{мц}^{32}, \quad (5)$$

де $\Pi_{мц}^{32}$ - показник тріщиностійкості асфальтобетонного покриття конструкції дорожнього одягу під час експлуатації пропонується оцінювати за критерієм міцності монолітних шарів на розтяг при згині його зміна у часі визначається за виразом (4).

$$\Pi_{мц}^{32} = \frac{R_{32}(t)}{\sigma(\sum N(t))}, \quad (6)$$

де $R_{32}(t)$ – міцність матеріалу шару на розтяг при згині, з урахуванням втомних явищ від дії розрахункового циклічного навантаження з тривалістю дії t , МПа;

$\sigma(\sum N(t))$ – найбільше напруження розтягуюче в асфальтобетонному шарі при тривалості дії навантаження, МПа.

У кінці строку служби цей показник ($\Pi_{мц}^{32}$) повинен становити не менше 1,39.

Пропонується оцінювати залишковий ресурс асфальтобетонного покриття конструкції дорожнього одягу під час експлуатації з урахуванням запропонованих критеріїв (1, 3, 5) та терміну експлуатації за умовами:

$$K_{мц} < Z_{рес}^E \quad (7)$$

$$K_{мц} < Z_{рес}^{ep} \quad (8)$$

$$K_{мц} < Z_{рес}^{32} \quad (9)$$

де $Z_{рес}^E$ – показник залишкового ресурсу змінюється від коефіцієнта запасу міцності асфальтобетонного покриття конструкції дорожнього одягу за критеріями пружного прогину в залежності від терміну експлуатації T , (10);

$Z_{рес}^{ep}$ – показник залишкового ресурсу змінюється від коефіцієнту запасу міцності за критерієм стійкості асфальтобетонного покриття конструкції дорожнього одягу проти зсуву у ґрунті від терміну експлуатації T , (11);

$Z_{рес}^{32}$ – показник залишкового ресурсу змінюється від коефіцієнту запасу міцності асфальтобетонного покриття конструкції дорожнього одягу за критеріями міцності на розтяг при згині монолітних шарів в залежності від терміну експлуатації T , (12).

$$Z_{рес}^E = A \cdot \Pi_{мц}^E e^{-a \cdot T} \quad (10)$$

$$Z_{рес}^{ep} = B \cdot \Pi_{мц}^{ep} e^{-b \cdot T} \quad (11)$$

$$Z_{рес}^{32} = C \cdot \Pi_{мц}^{32} e^{-c \cdot T}, \quad (12)$$

де A, a, B, b, C, c – параметри апроксимації.

Висновки

На асфальтобетонне покриття конструкції дорожнього одягу автомобільних доріг в період експлуатації діє багато факторів, які суттєво впливають на тріщиностійкість та деформативність. Все це призводить до завчасного утворення тріщин та незворотних пластичних деформацій у вигляді колії на покритті автомобільних доріг. Тому для вирішення таких проблем необхідно враховувати наступні заходи:

Матеріалознавчі: проектувати зернові склади асфальтобетонів з урахуванням верхніх та нижніх шарів розташування в конструкції дорожнього одягу з підвищеною тріщиностійкістю та деформативністю за показником колієстійкості [16] та температурної тріщиностійкості [4]; для уникнення сегрегації в асфальтобетонних сумішах, яка виникає у процесі зберігання, транспортування та ущільнення рекомендовано використовувати перевантажувачі [1].

Конструктивні: проектувати дорожнє покриття на вулицях і дорогах відповідно до складу і характеру руху з відповідним часом дії навантаження транспортних засобів; забезпечити жорсткість та міцність шарів під асфальтобетонним покриттям; мінімально допустима товщина шару покриття із ЩМА повинна становити три максимальних розміри зерна асфальтобетонної суміші; забезпечити міцне зчеплення між асфальтобетонними шарами; для підвищення тріщиностійкості та деформативності асфальтобетонного покриття у їх складі необхідно використовувати бітуми модифіковані полімерами та адгезивами, а також застосовувати їх як верхніх так і у нижніх шарах.

Експлуатаційні: оцінка залишкового ресурсу міцності асфальтобетонного покриття конструкцій дорожнього одягу автомобільних доріг під час експлуатації від моменту закінчення капітального ремонту за кожним із критеріїв граничного стану, що описується зміною коефіцієнту запасу міцності (7-9), який залежить від зміни характеристик жорсткості та міцності всієї конструкції у часі.

Література

1. Радовский Б. С. Управление состоянием дорожных одежд.// Автомобильные дороги –Изд. «Дороги», Москва: 2013. –№. 04 (977). – С. 67 -74.
2. Радовский Б.С., Телтаев Б.Б. Вязкоупругие характеристики битума и их оценка по стандартным показателям. – Алматы: «Білім», 2013. – 152 с

- 3.Бесараб О.М. Підвищення тріщиностійкості асфальтобетонних шарів з врахуванням часу дії навантаження: Дис. канд. техн. наук: 05.22.11. – К. – 2003. – С. 142.
- 4.Смолянець В. В. Удосконалення проектування асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу в умовах міст : Дис. канд. техн. наук: 05.22.11. – К. – 2005. – С. 108.
- 5.Жуков О.О. Існуючі підходи до застосування шарів зносу при будівництві та ремонті автомобільних доріг / Бесараб О.М., Онищенко А.М., Жуков О.О. // Вестник ХНАДУ – 2006. - №34-35. – С. 32 – 37
- 6.Мозговой В.В., Мозговая Л.А., Прудкий А.В., Куцман А.М., Баран С.А. Мозговой А.В. Совершенствование проектирования асфальтобетонных слоев усиления Автомобильные дороги и мосты. – 2008. - №2. с. 16-20.
- 7.Мозговой В.В. Научные основы обеспечения температурной трещиностойкости асфальтобетонных покрытий: Дис. ... докт. техн. наук: 05.22.11 - К., 1996 – 406 с.
- 8.Мозговий В.В., Бесараб О.М. Вплив поверхневих горизонтальних розтягуючих напружень на тріщиностійкість асфальтобетонних шарів дорожнього одягу з урахуванням розподілу проїздів коліс по ширині проїзної частини // Вісник НТУ, ТАУ. - 2001. - № 5.-С. 86-90
- 9.Гамеляк І.П., Островерхий О.Г. Чисельний аналіз напружено-деформованого стану тонкошарових покриттів дорожнього одягу // Автомоб. дороги і дор. буд-во.- 2001. - Вип. 61.-С. 118-126.
- 10.Гамеляк І.П., Даценко В.М. Забезпечення надійності конструкції дорожнього одягу за несною здатністю при капітальному ремонті та реконструкції.// Автошляховик України, 2015. –№ 5 (247). – С. 40 – 43
- 11.Богомолів В.О., Жданюк В.К., Богомолів С.В., Щодо критеріїв міцності для дорожніх одягів нежорсткого типу.// Автошляховик України, 2011. –№ 5 (2237). – С. 29 – 33.
- 12.Талах С. М., Дубик О. М., Лисницька К. М. Чисельний розрахунок напружено-деформованого стану нежорстких дорожніх одягів, відновлених за технологією холодного ресайклінгу./ Scientific Journal «ScienceRise» №1/2(30)2017 С. 31-38
- 13.Модифицированные битумные вяжущие, специальные битумы и битумы с добавками в дорожном строительстве. // Под общ. ред. Золотарьев В.А.// Всемирная дорожная ассоциация. Харьков: ХНАДУ. – 2003. – С. 229.
- 14.Радовский Б..С. Концепция вечных дорожных одежд // Дорожная техника. Каталог-справочник 2011. С. 120.132.
- 15.БН В.2.3-218-186-2004. Дорожній одяг нежорсткого типу. Відомчі будівельні норми України. Київ: Державна служба автомобільних доріг України «УКРАВТОДОР», 2004. – 71.
- 16.Онищенко А. М. Проектування зернового складу асфальтобетону підвищеної колієстійкості з оптимізацією за показником розрахункового строку служби./ Онищенко А. М.// Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference «Methodology of Modern Research» : Международное периодическое научное издание. - 2017. - № 4(20), Vol.2. – Dubai, «WORLD SCIENCE», UAE. – P. 32-35. - ISSN 2413-1032. Видання входить до наукометричних баз даних: Index Copernicus, eLIBRARY, РИНЦ, RSCI, Scholar Google, ORCID.

Рецензенти:

Савенко В.Я., д-р тех. наук, Національний транспортний університет.
Марчук О.В., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Savenko V.Ya., Dr. Tech. Sci., National Transport University.
Marchuk A.V., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **14.06.2017 р.**

УДК 625.7/.8

Солодкий С.Й. д-р техн. наук, **Смолянець В.В.** канд. техн. наук

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Аннотация. В работе предложено оценивать предельного состояния асфальтобетонных слоев относительно трещиностойкости, на основании положений кинетической теории прочности твердых тел с учетом: времени действия нагрузки; дифференциации условий работы по характеру нагрузки; характера распределения колес транспортных средств по ширине полосы движения; наличия горизонтальных растягивающих напряжений на поверхности слоя; климатических, конструктивно-материаловедческо-технологических и транспортных факторов.

Ключевые слова: долговечность, асфальтобетонное покрытие, растягивающие напряжения, нагрузка, температура.

УДК 625.7/.8

Солодкий С.Й. д-р техн. наук **Смолянець В.В.** канд. техн. наук

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ПОКРИТТІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Анотація. В роботі запропоновано оцінювати граничний стан асфальтобетонних шарів з позиції тріщиностійкості, на підставі положень кінетичної теорії міцності твердих тіл з урахуванням: часу дії навантаження; диференціації умов роботи за характером навантаження; характеру розподілу коліс транспортних засобів по ширині смуги руху; наявності горизонтальних розтягуючих напружень на поверхні шару; кліматичних, конструктивно-матеріалознавчих-технологічних і транспортних факторів.

Ключові слова: довговічність, асфальтобетонне покриття, розтягуючі напруження, навантаження, температура.

UDC 625.7/.8

Solodkyi S., Dr. Tech. Sci., **Smolianets V.**, Cand. Eng. Sci. (Ph.D.)

INCREASE OF LONG-TERM CONDITIONS OF ASPHALT PAVEMENTS OF ROADS

Annotation. The paper proposes to evaluate the limiting state of asphalt-concrete layers relative to crack resistance, on the basis of the positions of the kinetic theory of the strength of solids taking into account: the loading time; Differentiation of working conditions by the nature of the load; Character of wheel distribution of vehicles along the lane width; The presence of horizontal tensile stresses on the surface of the layer; Climatic, constructive-material-technological and transport factors.

Key words: durability, asphalt pavement, tensile stresses, load, temperature.

Введение

На улицах и дорогах с твердым покрытием преобладают нежесткие дорожные одежды с асфальтобетонными слоями, которые нередко под действием транспортной нагрузки достаточно быстро разрушаются и требуют преждевременных ремонтов. Разрушения проявляются в разной степени, в зависимости от режима и характера нагрузки. Достаточно распространенными являются разрушения в виде трещин. За последнее десятилетие изучению трещиностойкости асфальтобетонных слоев при нагрузке было посвящено много научных трудов отечественных и зарубежных ученых. На основании проведенных исследований создан аналитическо-расчетный аппарат, позволяющий выполнять расчеты напряженно-деформированного состояния слоев дорожной одежды при оценке их трещиностойкости. Однако напряженно-деформированное и предельное состояния конструкции дорожной одежды, в значительной мере зависят от термореологических свойств материалов дорожной одежды и грунта земляного полотна, что не учитывается при расчетах дорожной одежды. Кроме того, выполненные исследования носят разрозненный характер, что на данный момент не позволяет на единой методологической основе разработать комплексный метод расчета асфальтобетонных слоев городских дорожных одежд на трещиностойкость с учетом одновременного действия таких факторов: время действия нагрузки изменяется от тысячных

долей секунды (участки магистралей с высокими расчетными скоростями) до нескольких часов и больше (стоянки, остановки) и существенно отличается по полосам движения, на подъемах, на перекрестках, на городских и внегородских дорогах; частота и последовательность нагрузок, разнообразное сочетание режимов нагрузки; учет фактических термореологических характеристик асфальтобетона; разный режим и характер нагрузки по длине и ширине автомобильной дороги; учет растягивающих напряжений, возникающих на поверхности асфальтобетонных слоев и др.

В статье рассматривается метод расчета асфальтобетонных слоев нежесткой дорожной одежды на трещиностойкость с учетом времени действия нагрузки от транспортных средств.

Основные теоретические положения

Для оценки трещиностойкости асфальтобетонных слоев предложена классификация участков по длине улицы или дороги с характерными комбинациями времени действия нагрузки транспортных средств [1]. Определение напряжений в слоистом вязко-упругом полупространстве при движении транспортных средств является одним из основных факторов для оценки его трещиностойкости.

Одним из первых, кто полностью решил задачу определения тензора напряжений слоистого вязко-упругого полупространства, был проф. Б.С. Радовский [2]. Он рассмотрел задачу определения напряжений и перемещений в нежесткой дорожной одежде как в слоистом вязко-упругом безинерционном полупространстве с произвольным конечным числом изотропных и однородных слоев. В результате была получена зависимость для определения горизонтальных нормальных растягивающих напряжений i -го слоя многослойного вязко-упругого безинерционного полупространства [2].

Но использование данной зависимости для определения растягивающих нормальных напряжений является достаточно проблематичным ввиду громоздкости формулы, что практически исключает возможность широкого использования ее для инженерных расчетов. Поэтому было предложено использование квазиупругого метода аппроксимации при использовании точного решения для определения напряжений в упругом полупространстве. В квазиупругом методе вязко-упругое решение выходит из упругого решения заменой всех упругих характеристик материала соответствующими функциями релаксаций и функциями ползучести [2, 3]. Поэтому, в нашем случае, было

предложено использование точного решения теории упругости для многослойного полупространства, полученное проф. А.К. Приварниковым [4]. Используя данный метод, было исследовано напряженно-деформированное состояние многослойного полупространства, были найдены и аппроксимированные функции для определения горизонтальных нормальных растягивающих напряжений на подошве асфальтобетонного слоя [1]:

$$\sigma_{yn} = A(t, T) y^3 + B(t, T) y^2 + C(t, T) y + D(t, T), \quad (1)$$

и на поверхности асфальтобетонного слоя

$$\sigma_{yn} = A_1(t, T) y^3 + B_1(t, T) y^2 + C_1(t, T) y + D_1(t, T), \quad (2)$$

где $A(t, T)$, $B(t, T)$, $C(t, T)$, $D(t, T)$, $A_1(t, T)$, $B_1(t, T)$, $C_1(t, T)$, $D_1(t, T)$ – постоянные, зависящие от времени действия нагрузки и температуры.

При этом был уточнен подход к установлению реального времени действия нагрузки t_i'' от транспортных средств на асфальтобетонные и другие слои дорожной одежды (рис. 2) на расчетные характеристики слоев (модуль упругости (E_i))

$$t_i'' = \frac{D_i(z)}{V}, \quad D_i(z) = f(E_i(t_i'')), \quad (3)$$

где V – скорость движения расчетного транспортного средства.

Для оценки предельного состояния асфальтобетонных слоев относительно трещиностойкости, на основании положений кинетической теории прочности твердых тел, были обоснованы условия предельного состояния и функции долговечности [1- 6]. Характер эпюр горизонтальных нормальных напряжений на поверхности и подошве асфальтобетонного слоя при действии транспортной нагрузки наведена в работе [1]. Расчетная схема для определения времени действия нагрузки от транспортных средств на асфальтобетонные слои дорожной одежды наведена в работе [1]

$$M \leq k_{кл} \cdot k_{ст} \cdot C_{тр}, \quad (4)$$

где M – мера опасности растрескивания асфальтобетонного слоя; $C_{тр}$ – предельное значение показателя трещиностойкости асфальтобетона

(устанавливается экспериментально); $k_{кл}$, $k_{см}$ – коэффициенты, отображающие соответственно влияние климатических факторов и старения на значение $C_{тр}$ асфальтобетона.

Для определения меры опасности растрескивания асфальтобетонных слоев при разных режимах и времени действия нагрузки предложены зависимости [1]:

- при произвольном режиме изменения $\sigma(t^n)$

$$M = \int_0^{t_p} \frac{dt}{10^{a_\sigma + \sigma_\sigma \frac{1}{T'} + r_\sigma e^{\frac{\rho_\sigma}{T'}}} \cdot (A(t, T)y^3 + B(t, T)y^2 + C(t, T)y + D(t, T))^{-(A_\sigma + B_\sigma \frac{1}{T'} + C_\sigma e^{\frac{D_\sigma}{T'}})}}, \quad (5)$$

где A_σ , B_σ , C_σ , D_σ , a_σ , σ_σ , r_σ , ρ_σ – постоянные, которые определяют по результатам испытаний на длительную прочность при разных температурах и нагрузках;

- при циклическом изменении $\sigma(t^n)$

$$M = d_1 + d_2 + \dots + d_k, \quad (6)$$

где d_1 , d_2 , d_k – поврежденность соответственно от первого, второго, k -го цикла приложенных нагрузок;

- при постоянной скорости роста нагрузки $V_\sigma = \text{const}$

$$M = \int_0^{t_p} \frac{dt}{10^{a_\sigma + \sigma_\sigma \frac{1}{T'} + r_\sigma e^{\frac{\rho_\sigma}{T'}}} \cdot (V_\sigma t)^{-(A_\sigma + B_\sigma \frac{1}{T'} + C_\sigma e^{\frac{D_\sigma}{T'}})}}; \quad (7)$$

- при постоянной скорости роста деформации $V_\varepsilon = \text{const}$

$$M = \int_0^{t_p} \frac{10^{-\left(a_\sigma + \sigma_\sigma \frac{1}{T'} + r_\sigma e^{\frac{\rho_\sigma}{T'}}\right)} dt}{\left(HV_\varepsilon t + (B - H)V_\varepsilon \int_0^t \left(1 + \frac{te^{p(T-Q)}}{r} - \frac{\tau e^{p(T-Q)}}{r}\right)^{-m} d\tau\right)^{-(A_\sigma + B_\sigma \frac{1}{T'} + C_\sigma e^{\frac{D_\sigma}{T'}})}}, \quad (8)$$

где m , r , H , B – параметры функции релаксации, которые определяются экспериментально.

В работе [1] предложена классификация, которая разработана на условие предельного состояния относительно трещиностойкости при комбинируемой нагрузке

$$M_{i,\alpha} = \sum_{\alpha=1}^{\beta} \sum_{j=1}^{m_i} \frac{n_j}{N_j^p} \leq k_{кл} \cdot k_{см} \cdot C_{мр}, \quad (9)$$

где $M_{i,\alpha}$ – мера опасности растрескивания асфальтобетонного слоя, которая рассматривается при i -той комбинации α -го периода года; n_j – количество приложений нагрузок с j -тым временем действия нагрузки; N_j^p – предельное значение количества приложений нагрузок для асфальтобетонного слоя при j -том времени действия нагрузки i -той комбинации; m_i – количество вариантов разного времени нагрузки в i -той комбинации.

При определении N_j^p для каждого из характерных участков [1] использовалась функция длительной прочности $t_p^*(\sigma, T)$ в виде модифицированной степенной зависимости Бартенева Г.М. и условие предельного состояния в виде критерия Бейли, которые отображают термореологическое поведение асфальтобетона при его разрушении. Так, например, для участка ДЗ зависимость для определения N_p имеет вид

$$N^p = \left[m_{\sigma} \cdot t_{\sigma}^H B_{\tau}(T)^{-1} \sigma(t_{\sigma}^H)^{\epsilon \tau(T)} + m_{\epsilon} \cdot t_{\epsilon}^H B_{\tau}(T)^{-1} \sigma(t_{\epsilon}^H)^{\epsilon \tau(T)} + \right. \\ \left. + m_{\epsilon} \cdot t_{\epsilon}^H B_{\tau}(T)^{-1} \sigma(t_{\epsilon}^H)^{\epsilon \tau(T)} + m_p \cdot t_p^H B_{\tau}(T)^{-1} \sigma(t_p^H)^{\epsilon \tau(T)} \right]^{-1}, \quad (10)$$

где – m_{σ} , m_{ϵ} , m_{ϵ} , m_p соответственно (в случае расположения ДЗ в зоне светофора) доля транспортных средств с непрерывным движением, тормозящих, остановившихся и разгоняющихся.

Влияние факторов на трещиностойкость асфальтобетонных слоев городских дорожных одежд

Влияние разных факторов оценивали посредством анализа напряженного и предельного состояний асфальтобетонных слоев на основе полученных аналитических зависимостей с использованием данных о термореологических характеристиках материалов.

При выполнении числового анализа учитывали разную термореологическую чувствительность (ТРЧ) дорожно-строительных материалов нежесткой дорожной одежды, то есть разную степень изменения модуля упругости при изменении времени действия нагрузки и температуры. В

работе [1] для этого предложено выделить четыре группы дорожно-строительных материалов по их ТРЧ (табл. 1).

Таблица 1 – Группы дорожно-строительных материалов по термореологической чувствительности (ТРЧ)

Виды дорожно-строительных материалов по группам ТРЧ			
I (высокочувствительные)	II (чувствительные)	III (менее чувствительные)	IV (низкочувствительные)
Асфальтобетоны и дегтебетоны всех типов и видов, органо-минеральные смеси и др.	Глинистые и пылеватые грунты земляного полотна, щебень и гравий обработанный органическими вяжущими и др.	Щебень, гравий, песок необработанный или обработанный неорганическими вяжущими в количестве менее 5%, песчаные и супесчаные грунты земляного полотна и др.	Материалы обработанные неорганическим и вяжущими в количестве более 5%, тощий цементобетон и др.

Результаты определения напряженно-деформированного состояния и количества проездов расчетного автомобиля до разрушения для равнопрочных (по [7]) конструкций дорожных одежд приведены на рис. 1 – рис. 3 (конструкция дорожной одежды № 1 с основанием, содержащим материалы I и II групп ТРЧ, конструкция дорожной одежды № 2 с основанием, содержащим материалы III и IV групп ТРЧ).

Они свидетельствуют, что использование в основаниях менее реологично чувствительных цементосодержащих материалов значительно улучшает долговечность дорожной одежды.

Причем с увеличением толщины основания h_2 в конструкциях дорожных одежд №1 и №2 увеличивается долговечность. В то же время, с увеличением длительности действия нагрузки, в первом случае (рис. 3, а) от 0,1 с до 100 с долговечность уменьшается более чем в 10 раз, а во втором случае (при применении в основании материалов III и IV групп ТРЧ, рис. 3, б) долговечность при времени действия нагрузки 1-10 с сначала падает в 3-6 раз по сравнению с 0,1 с, а затем наблюдается обратная картина: при 100 с это уменьшение составляет до 2 раз.

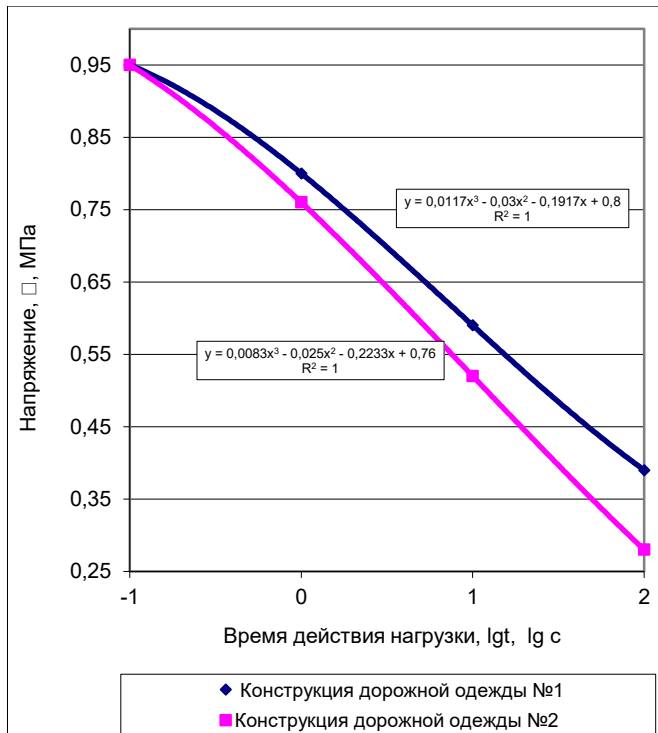


Рисунок 1 – Растягивающие напряжения в асфальтобетонных слоях

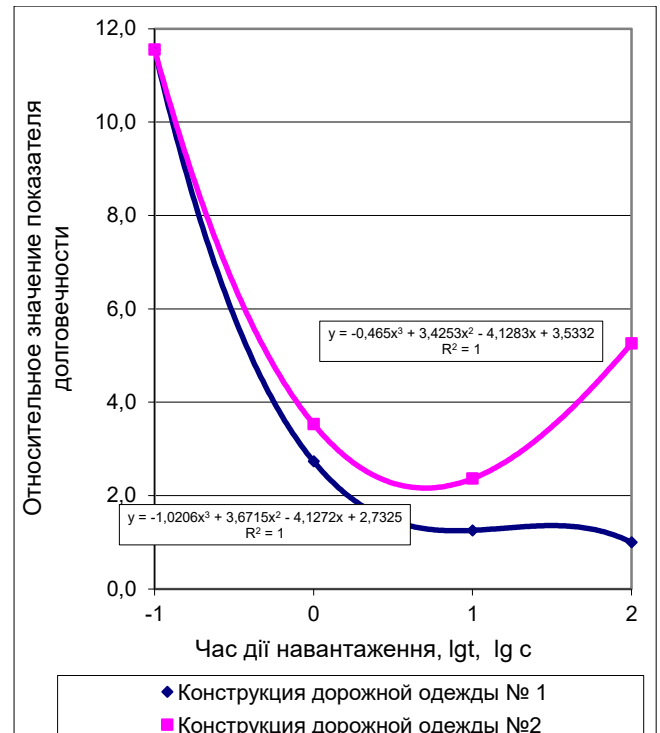
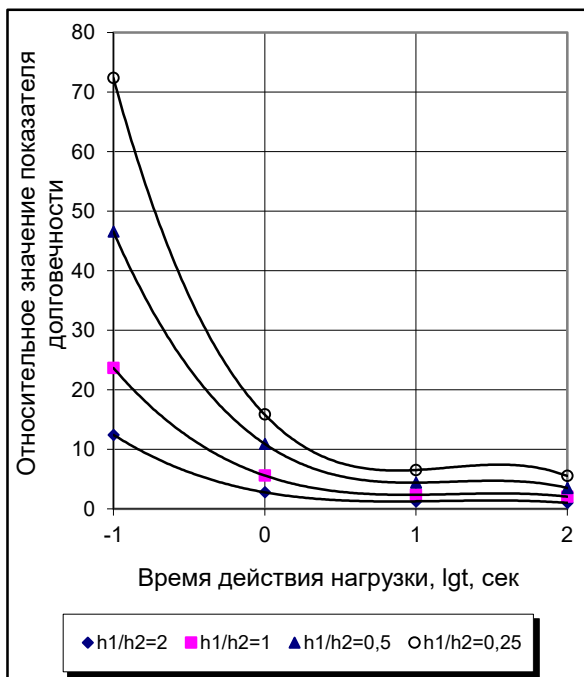
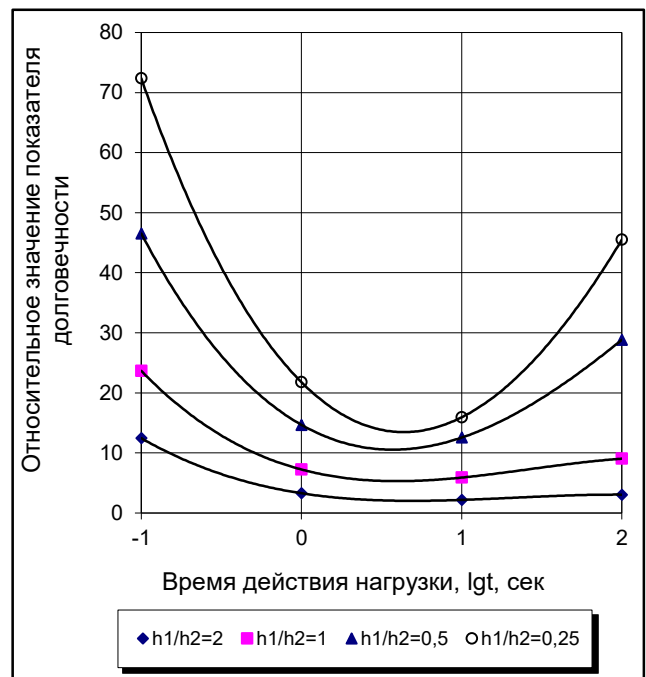


Рисунок 2 – Долговечность асфальтобетонных слоев

а)



б)



а – конструкция дорожной одежды №1; б – конструкция дорожной одежды №2

Рисунок 3 – Зависимость долговечности асфальтобетонных слоев в зависимости от соотношения толщин покрытия и основы

Детальное изучение влияния климатического и транспортного факторов на напряженное состояние асфальтобетонных слоев выяснило определенные особенности изменения горизонтальных нормальных растягивающих

напряжений, которые возникают на подошве σ_n и на поверхности σ_σ . Для конструкции дорожной одежды № 1 отмечены следующие закономерности: с увеличением времени действия нагрузки при разных температурах наблюдается тенденция изменения σ_n ; наблюдается пропорциональное увеличение этих напряжений с увеличением интенсивности нагрузки p . Причем σ_n в большей мере зависит от p при малом времени действия нагрузки, чем при большом, также σ_n уменьшается при увеличении температуры. Например, при $t_n=0,1$ с $\sigma_n(p=0,75)/\sigma_n(p=0,6)=1,3$, а при $t_n=100$ с $\sigma_n(p=0,75)/\sigma_n(p=0,6)=1,2$. При $T=20^\circ\text{C}$ эти показатели должны были отвечать значению 1,4; 1,05. Несколько иную закономерность изменения имеют σ_σ . При температуре 0°C наблюдается уменьшение σ_σ при изменении t_n от 0,1 до 10 с, а потом σ_σ возрастает. При температуре $+10^\circ\text{C}$ изменения σ_σ характеризуются более явным минимумом при $t_n=10$ с и тенденцией большего возрастания со следующим временем действия нагрузки. При температуре $+20^\circ\text{C}$ наблюдается непрерывное возрастание σ_σ с увеличением действия нагрузки от 0,1 до 100 с. В зависимости от интенсивности нагрузки σ_σ также увеличивается с его возрастанием и особенности этого изменения почти не зависят от времени действия нагрузки и температуры. То есть, действие транспортных большегрузных средств с увеличением времени действия нагрузки и температуры имеет большее влияние на поверхности, чем на подошве.

Для конструкций дорожной одежды № 2 прослеживаются другие закономерности изменения σ_n . При $T=0^\circ\text{C}$ σ_n также уменьшается при уменьшении времени действия нагрузки аналогично предыдущему анализу. Для $T=+10^\circ\text{C}$ при времени действия нагрузки >10 с горизонтальные растягивающие напряжения σ_n исчезают, а при $T=+20^\circ\text{C}$ они вообще отсутствуют. По сравнению с конструкцией №1 конструкция № 2 более выигрышная относительно трещиностойкости асфальтобетонных слоев при действии σ_n . Изменение σ_σ при разных температурах с увеличением времени действия нагрузки имеет постоянную тенденцию уменьшения растягивающих напряжений. Причем темпы изменения уменьшаются с увеличением температуры. Зависимость этих σ_σ от p остается одинаковой при разной температуре и времени действия нагрузки в отличие от σ_n , для которых зависимость от p уменьшается с увеличением времени действия нагрузки и температуры.

Обращает также на себя внимание и то, что поверхностные растягивающие напряжения σ_σ увеличивают свое влияние на возможность образования трещин

для рассмотренных вариантов конструкций с увеличением времени действия нагрузки и температуры.

Полученные результаты анализа влияния поверхностных растягивающих напряжений на трещиностойкость асфальтобетонных слоев объясняют причины возникновения трещин от усталости на некотором расстоянии от полосы наката, а особенно на перекрестках и остановках общественного транспорта.

Выводы

1. В работе установлены аналитические зависимости для определения напряженного состояния асфальтобетонных слоев и оценки их предельного состояния по трещиностойкости с учетом: времени действия нагрузки; дифференциации условий работы по характеру нагрузки; характера распределения колес транспортных средств по ширине полосы движения; наличия горизонтальных растягивающих напряжений на поверхности слоя; климатических, конструктивно-материаловедческо-технологических и транспортных факторов.

2. Получены результаты числового анализа влияния транспортных, климатических и конструктивно-материаловедческо-технологических факторов. На основе предложенной классификации по термореологической чувствительности дорожно-строительные материалы разделены на группы: высокочувствительные, чувствительные, умеренночувствительные, низкочувствительные.

3. Показано, что использование в основаниях менее реологически чувствительных цементосодержащих материалов значительно улучшает долговечность дорожной одежды. Выявлены особенности изменения горизонтальных нормальных растягивающих напряжений, возникающих на подошве и на поверхности асфальтобетонных слоев для конструкции дорожной одежды с разной термореологической чувствительностью.

4. Асфальтобетонные покрытия дорожных одежд должны проектироваться с учётом расчётных характеристик асфальтобетона, полученных при длительности действия нагрузки более 0,1 с [8]. При конструировании дорожной одежды нижние слои покрытия или верхние слои основания желательно назначать из асфальтобетона (пористый, плотный или высокоплотный), имеющего повышенную прочность и устойчивость к многократным нагружениям. Для этих целей эффективно применение дисперсно-

армированного асфальтобетона. Нижние слои основания необходимо устраивать из материалов, обработанных неорганическим вяжущим.

Литература

1. Бесараб О.М.. Підвищення тріщиностійкості асфальтобетонних шарів з врахуванням часу дії навантаження: Дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. – К., 2003. – 252 с.
2. Радовский Б.С. Теоретические основы конструирования и расчета нежестких дорожных одежд на воздействие подвижных нагрузок: Дис. ... докт. техн. наук: 05.23.03. – К., 1982. – 552 с.
3. Мозговой В.В. Научные основы обеспечения температурной трещиностойкости асфальтобетонных покрытий: Дис. ... докт. техн. наук: 05.22.11 - К., 1996 – 406 с.
4. Приварников А.К., Радовский Б.С. Влияние вязко-упругих свойств и инерционных сил на поведение дорожной одежды под действием подвижной нагрузки.- Известия Вузов. Строительство и архитектура. 1980, №3, с.105-111.
5. Радовский Б.С., Руденский А.В. О связи между длительной и усталостной прочностью дорожно-строительных материалов. - В кн.: Автомобільні дороги і дорожні будівництво, Киев, 1975.
6. Радовский Б.С., Проблемы механики дорожно-строительных материалов и дорожных одежд. Избранные труды. – Киев: ПолиграфКонсалтинг, 2003. - 260 с.
7. ВБН В.2.3-218-186-2004 Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу – К., Укравтодор, 2004. – 176 с.
8. ОДМ 218.2.065-2015 Методические рекомендации по увеличению межремонтных сроков службы нежестких дорожных одежд (Введены в действие с 27.01.2016 г.

Рецензенти:

Савенко В.Я., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.
Марчук О.В., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Savenko V,Ya., Dr. Tech. Sci., National Transport University.
Marchuk A.V., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **15.06.2017 р.**

УДК 625.852

Баран С.А.

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ПОКРИТТЯ ІЗ ЩЕБЕНЕВО-МАСТИКОВОГО АСФАЛЬТОБЕТОНУ

Анотація. У статті висвітлено питання підвищення довговічності покриття із щебенево-мастикового асфальтобетону, розглянуто основні види дефектів на покритті. Проаналізовано причини передчасного руйнування покриття та розглянуто фактори які чинять комплексний вплив на його довговічність. Описано причини виникнення основних видів дефектів на покритті із щебенево-мастикового асфальтобетону. На основі проведеного аналізу запропоновані практичні пропозиції для підвищення довговічності покриття із щебенево-мастикового асфальтобетону які включають в себе пропозиції по вдосконаленню нормативної бази та проектування покриття, а також пропозиції технологічного характеру.

Ключові слова: щебенево-мастиковий асфальтобетон, довговічність, дефекти, впливові фактори.

УДК 625.852

Баран С.А.

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОКРЫТИЙ ИЗ ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА

Аннотация. В статье освещены вопросы повышения долговечности покрытия с щебеночно-мастичного асфальтобетона, рассмотрены основные виды дефектов на покрытии. Проанализированы причины преждевременного разрушения покрытия и рассмотрены факторы, которые оказывают комплексное воздействие на его долговечность. Описаны причины возникновения основных видов дефектов на щебеночно-мастичном асфальтобетонном покрытии. На основе проведенного анализа предложены практические предложения для повышения долговечности щебеночно-мастичного асфальтобетонного покрытия которые

включают в себя предложения по совершенствованию нормативной базы, и проектирование покрытия, а также предложения технологического характера.

Ключевые слова: щебеночно-мастичный асфальтобетон, долговечность, дефекты, влияющие факторы.

UDC 625.852

Baran S.

INCREASING LONGEVITY COATED WITH CRUSHED STONE-MASTIC ASPHALT CONCRETE

Abstract. The article deals with questions of increase in durability of a covering from stone mastic asphalt are taken up and main types of defects are given in a covering. It is noted that in researches of the asphalt concrete layers of road clothes devoted behavior in modern service conditions it is possible to allocate 2 main directions. The first of them is devoted to analytical methods of an assessment of durability and reliability of layers from stone mastic asphalt, in the second studying of influence of prescription and technological parameters on technological processes and operational characteristics is considered. The reasons of premature destruction of a covering are analysed and factors which make complex impact on its durability are considered. The causes of main types of defects on a covering from stone mastic asphalt are described. On the basis of the carried-out analysis practical offers for increase in durability of a covering from stone mastic asphalt which include suggestions for improvement of the regulatory base and design of a covering, and also the offer of technological character are offered.

Keywords: stone-mastic asphalt, durability, defects, influential factors.

Актуальність та постановка проблеми. Щебенево-мастиковий асфальтобетон (далі - ЩМА) є одним із видів матеріалів що застосовуються для верхніх шарів конструкції дорожнього одягу і має підвищені характеристики зсувостійкості, тріщиностійкості, стійкості до водоморозних впливів за рахунок особливостей своєї структури, що характеризується підвищеною кількістю щебеню (60-80%) пори між яким заповнені мастиковою частиною, що складається з бітуму, мінерального порошку та дрібних фракцій піску.

Майже 40 років тому його почали досліджувати і застосовувати в Німеччині, невдовзі він набув широкого застосування в усьому світі. В Україні його застосування розпочалося з 2000-го року. На сьогоднішній день для широкого впровадження ЩМА розроблено основні нормативні документи, що дозволяють проектувати конструкції дорожнього одягу, виготовляти суміші та влаштовувати асфальтобетонні шари.

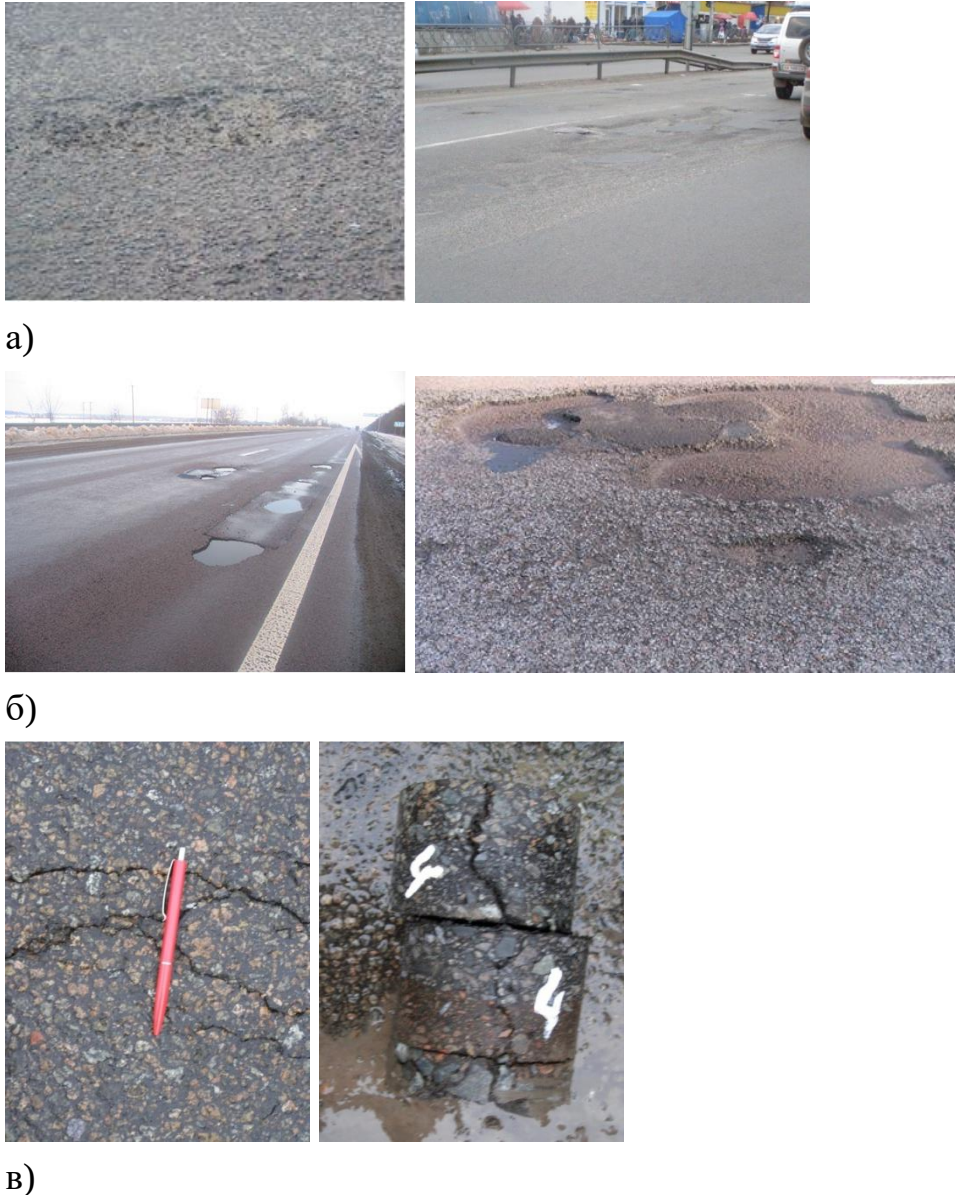
Практичний досвід застосування ЩМА на вітчизняних автомобільних дорогах та міських вулицях, головним чином, підтвердив позитивні характеристики. Водночас на багатьох об'єктах, особливо з важким інтенсивним рухом, з'явилися ділянки з передчасним його руйнуванням.

Фотоілюстрації, що представлені на рис. 1 свідчать що на поверхні ЩМА з'являються викришування, ямковість, поздовжні тріщини, сітка тріщин.

Все це свідчить про необхідність більш детального дослідження аналізу причин передчасного руйнування ЩМА та встановлення закономірностей залежності довговічності від дії впливових факторів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У дослідженнях, що присвячені поведінці асфальтобетонних шарів дорожнього одягу в сучасних умовах експлуатації, в цілому, та довговічності покриття із ЩМА безпосередньо можна виділити 2 основні напрямки. Перший із них присвячений аналітичним методам оцінки міцності і надійності шарів із ЩМА, у другому розглядається вивчення впливу рецептурно-технологічних параметрів на технологічні процеси та експлуатаційні характеристики.

Дослідження, присвячені розробці нових конструкцій для автомобільних доріг з надважким навантаженням проводяться в ряді Європейських країн, зокрема в Німеччині та в США. Серед нових підходів - використання полімер модифікованих бітумів при влаштуванні нижніх шарів асфальтобетонного покриття та влаштування подвійного щебенево-мастикового асфальтобетонного покриття [1, 2], також вітчизняні дослідження, особливу увагу звертають на термореологічну поведінку асфальтобетонного покриття, а також шарів дорожнього одягу та ґрунту земляного полотна, які реагує на швидкість руху та час дії навантаження. Безпосередньо на основі таких досліджень було показано що для основи під асфальтобетонне покриття застосовувати шари із матеріалів що мають меншу термореологічну чутливість асфальт [3, 4].



в)

а – проспект Гагаріна (м. Київ), 2010 р., б – автомобільна дорога М-06 Київ – Чоп (Рівненська обл.) 2017 р., в – проспект Бажана (м. Київ), 2017 р.

Рисунок 1 – Деякі види руйнувань на поверхні покриття із ЩМА

На сьогоднішній день в Європі і в США на найбільш завантажених трасах, як правило, застосовуються такі конструкції дорожніх покриттів, що забезпечують високу стійкість до колієутворення, в тому числі від впливу шипів покришок (абразивний знос).

В роботі [1] рекомендують в якості покриття на магістралях з високою інтенсивністю руху застосування асфальтобетонів з підвищеною крупністю кам'яного заповнювача - SMA 16 і SMA 22. Головним чином це пов'язано із забезпеченням стійкості покриття проти абразивного зносу шипованими

автомобільними шинами. Вітчизняний аналог SMA 16 - ЩМА 20 за ДСТУ Б В.2.7 -127 [5]

Крім цього, з проведеного аналізу літератури [1, 6-10] і досвіду лабораторних експериментів можна зробити висновок, що при підборі асфальтобетонних сумішей необхідно строго враховувати об'ємно-вагові характеристики, зокрема обмежити залишкову пористість 3-5% (в середньому 4%), пористість мінеральної частини, кількість пор, заповнених в'язучим 65-75%, співвідношення мінерального порошку (часток розміром менше 0,071) до ефективного бітуму (0,6-1,6). Дані показники легко розраховуються, але, в свою чергу, мають значний вплив на якість асфальтобетонної суміші.

Сучасні методи розрахунку конструкцій дорожнього одягу базуються на результатах дослідження напружено-деформованого стану шарів відомих вітчизняних вчених: О.К. Біруля, А.Г. Булавка, К.Є. Єгорова, М.М. Іванова, Б.І. Когана, М.Б. Корсунського, А.М. Кривіського, О.В. Марчука, С.І. Міховича, В.Г. Піскунова, А.К. Приварнікова, Б.С. Радовського, Р.М. Раппопорта, О.О. Рассказова, В.Я. Савенка, В.С. Сіпетова, К.С. Теренцького, К.К. Туроверова, Л.І. Федоренко, Ю.А. Шевлякова, О.Я. Шехтера, та зарубіжних вчених: Бурмістера, Джонса, Мергера, Фокса, Шифмане та ін.

На основі проведених досліджень створено аналітично-розрахунковий апарат, що дозволяє виконувати розрахунки напружено-деформованого стану шарів дорожнього одягу, використовуючи деформаційні характеристики (модуль пружності, коефіцієнт Пуассона).

У той же час напружено-деформований і граничний стани конструкції дорожнього одягу значною мірою залежать від термореологічних властивостей матеріалів дорожнього одягу і ґрунту земляного полотна, що відображають вплив часу дії навантаження за різних температур. Питанням урахування таких властивостей матеріалів займалися В.Ф. Бабков, О.Т. Батраков, А.М. Богуславський, М.І. Волков, Л.Б. Гезенцевей, Г.І. Глушков, М.М. Дмитрієв, Д.В. Єрмакович, В.К. Жданюк, В.О. Золотарьов, В.Н. Кононов, О.Ю. Мерзлікін, В.В. Мозговий, Є.Д. Прусенко, Б.С. Радовський, А.В. Руденський, А.О. Саль, С.І. Сіденко, А.С. Супрун, Г.К. Сюньї, П.І. Теляєв, В.С. Титарь, Н.Я. Хархута та ін.

Водночас не всі особливості конструювання покриттів із ЩМА та рецептурно-технологічні фактори детально досліджені, а особливо їх комплексна взаємодія на довговічність.

Формулювання цілей (постановка завдання). Основним завданням даної публікації є аналіз комплексу факторів, що впливають на довговічність покриття із ЩМА та розробка практичних пропозицій для підвищення його довговічності.

Виклад основного матеріалу дослідження.

На основі аналізу літературних даних, проведених натурних досліджень при обстеженні покриття із ЩМА автомобільних доріг і вулиць, результатами науково-технічного супроводу, за результатами аналізу виконаних розрахунків на міцність та результатами спостереження за експлуатаційним станом дорожнього покриття, видами та об'ємами пошкоджень і руйнувань, а також за параметрами якості сумішей та параметрами технології виконання робіт можна зробити наступні висновки:

1) дорожнє покриття на вулицях і дорогах з важким і інтенсивним рухому багатьох випадках має незначний термін служби до появи дефектів;

2) основні види дефектів на дорожньому покритті з'являються через спільну дію наступних причин:

- недостатня деформативність асфальтобетону;
- недостатня витривалість і втома асфальтобетону;
- недостатня жорсткість та міцність шарів під асфальтобетонним покриттям;
- недостатнє зчеплення між шарами покриття з основою;
- відсутність більш строгих нормативних вимог до технологічно рецептурних параметрів;

3) види й обсяги ушкоджень на дорожньому покритті залежать від складу та інтенсивності руху, а також швидкості руху окремих важких автомобілів;

4) недосконалість методів проектування складу та показників оцінки якості сумішей та асфальтобетону;

5) недосконалість методів контролю якості сумішей що не дозволяють упередити та зафіксувати порушення якості матеріалів та робіт що виконувалися.

Результати аналізу різних дефектів свідчать що причини викришування та ямковості що викликані недостатньою корозійною стійкістю, здебільшого пов'язаною з недостатньою водоморозостійкістю щма в локальних місцях. Головним чином це пояснюється механічною та температурною сегрегацією суміші при її укладанні та транспортуванні [11]. Крім того наші спостереження свідчать, що в окремих випадках спостерігається дроблення каркасних зерен щебеню та «переущільнення» під час ущільнення суміші потужною

ущільнюючою технікою, а також при недостатній товщині покриття та при невідповідних амплітудно-частотних характеристиках роботи ущільнюючих органів асфальтоукладальника (закордонна практика свідчить що мінімально допустима товщина шару покриття із щма повинна становити три максимальних розміри зерна асфальтобетонної суміші, тобто при влаштуванні щма-20 мінімальна товщина повинна становити не менше 6 см)

Наявність на поверхні поздовжніх тріщин і сітки тріщин можна пояснити недостатньою міцністю і жорсткістю основи, що не відповідають фактичним реальним навантаженням та інтенсивності розрахункового навантаження. Іншим можливим фактором на таких ділянках є повільний рух. В реальних умовах руху створюються режими багаторазового навантаження, які відрізняються від розрахункової тривалості дії навантаження 0,1 с в більшу сторону, при цьому відбувається циклічне навантаження як короткочасними навантаженнями більшої тривалості, так і багаторазовими статично навантаженими. При цьому можуть розвиватися втомні руйнування асфальтобетонного покриття, від дії комбінацій циклічних короткочасних і статичних навантажень. Крім того, на ділянках доріг з перетинами в одному рівні, підходами до перетинів з залізничними коліями, зупинками також існує багаторазове навантаження з тривалістю дії, що перевищує значення 0,1 с. У зв'язку з цим, пропонується виконувати розрахунки асфальтобетонного покриття на вплив бінарного навантаження [12].

Також причиною появи певних видів дефектів є неоднорідність сумішей по показнику стікання, та недосконалістю методів визначення показника стікання та оцінки однорідності [13, 14].

Висновки

На покриття із ЩМА впливає багато різних факторів які чинять комплексний вплив на довговічність. В результаті такого впливу відбувається передчасне руйнування покриття. Для запобігання таким наслідкам потрібно враховувати наступні рекомендації: проектувати дорожнє покриття на вулицях і дорогах відповідно до складу і характеру руху; проектувати склади ЩМА з достатньою деформативністю та витривалістю, та при виборі кращого складу також користуватися показниками колієстійкості та температурної тріщиностійкості; забезпечити жорсткість та міцність шарів під асфальтобетонним покриттям; мінімально допустима товщина шару покриття із щма повинна становити три максимальних розміри зерна асфальтобетонної

суміші; для уникнення сегрегації бажано використовувати перевантажувачі; на початку виконання робіт по влаштуванню покриття із ЩМА організовувати здійснення в обов'язковому порядку процедур з влаштування «стартових ділянок», на яких відпрацьовуються і уточнюються всі основні параметри рецептур матеріалів, технологічних операцій та послідовності їх виконання.

Література

1. Радовский Б.С. Концепция вечных дорожных одежд / Б.С. Радовский // Дорожная техника. Каталог-справочник 2011. С. 120-132.
2. Blazejewski K. SMA. Teoria i praktyka / K. Blazejewski. Rettenmaier Polska sp. z o.o., Warszawa, 2007. 620 p.
3. Бесараб О.М. Підвищення тріщиностійкості асфальтобетонних шарів з врахуванням часу дії навантаження: Дис. канд. техн. наук: 05.22.11: Бесараб Олександр Миколайович. К., 2003. С. 142.
4. Баран С.А. Совершенствование проектирования асфальтобетонных слоев усиления / В.В. Мозговой, Л.А. Мозговая, А.В. Прудкий, А.М. Куцман, А.В. Мозговой // Автомобильные дороги и мосты. 2008. № 2. С. 16-20.
5. ДСТУ Б В.2.7 -127:2015. Суміші асфальтобетонні та асфальтобетон щебенево-мастиковий. Технічні умови. Введ. 2007 - 07 - 01. К., 2015. 30 с.
6. Kandhal P. S. And I. Rickards. Premature Failure of Asphalt Overlays from Stripping: Case Histories. Asphalt Paving Technology, Volume 70, 2001. P. 301-351.
7. Standard specification for highway construction. Alaska Department of Transportation and Public Facilities. 2004. 438 p.
8. National asphalt specification. Australian Asphalt Pavement Association Limited (AAPA), Edition 2 — April 2004. 48 p.
9. Горячие асфальтовые смеси, материалы, подбор составов смесей и строительство автомобильных дорог в северной Америке. Передовой зарубежный опыт. Национальный центр по асфальтовой технологии (NAPA), третье издание, «Росавтодор», 2009. 411 с.
10. Мирошниченко С.И. Стратегический материал / С.И. Мирошниченко // Автомобильные дороги. 2011. №.4. С. 47-52.
11. Радовский, Б. Сегрегация асфальтобетонных смесей и методы борьбы с ней в США / Б. Радовский // Дорожная техника. 2007. С.26-40.
12. Баран С.А. О влиянии физико-механических процессов на долговечность асфальтобетонного покрытия строительных конструкций / А.Н. Куцман, А.Е. Мерзлякин, В.В. Мозговой, А.Н. Онищенко // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка, науково-технічний збірник. 2015. Вип. 55. С. 20-26.
13. Баран С.А. Особливості використання інноваційних технологій для забезпечення довговічності покриття із щебенево-мастикових асфальтобетонних сумішей. / В.В. Мозговий, С.А. Баран, Б.Ю. Ольховий // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Одеса. Атлант. 2016. Вип. 63. С.167-173.
14. Баран С.А. Підвищення однорідності щебенево-мастикової асфальтобетонної суміші / В.В. Мозговий, С.А. Баран, Б.Ю. Ольховий // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. 2016. Вип. 96. С.33-42.

Рецензенти:

Жданюк В.К., д-р техн. наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.
Нагайчук В.М., канд. техн. наук, ДП "ДерждорНДІ".

Reviewers:

Zhdaniuk V.K., Dr. Tech. Sci., Kharkiv National Automobile and Highway University.
Nahaichuk V.M., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), "DerzhdorNDI".

Стаття надійшла до редакції: **17.05.2017 р.**

БУДІВНИЦТВО ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ДОРІГ І АЕРОДРОМІВ

УДК 625.85

Стьожка В.В., канд. тех. наук

ПІДВИЩЕННЯ КОЛІЄСТІЙКОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ НОВИХ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ, МАТЕРІАЛІВ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ

Анотація. У статті було проведено вивчення питань з підвищення колієстійкості асфальтобетонного покриття і визначення шляхів його підвищення.

Ключові слова: колієстійкість, асфальтобетон, нові матеріали, технологічні прийоми.

УДК 625.85

Стьожка В.В., канд. тех. наук

ПОВЫШЕНИЕ КОЛИЕСТИЙКОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ, МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ

Аннотация. В статье было проведено изучение вопросов по повышению колієстійкості асфальтобетонного покриття и определения путей его повышения.

Ключевые слова: колієстійкість, асфальтобетон, новые материалы, технологические приемы.

UDC 627.85

Stiozhka V., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.)

INCREASE OF THE RUTTING RESISTANCE OF ASPHALT CONCRETE PAVEMENTS BY THE USE OF NEW CONSTRUCTION SOLUTIONS, MATERIALS AND TECHNOLOGICAL TECHNIQUES

Abstract. The article was devoted to studying the issues of increasing the collision resistance of asphalt concrete coatings and determining ways to increase it.

Key words: rutting resistance, asphalt concrete, new materials, technological techniques.

Вступ

У зв'язку з різким ростом інтенсивності дорожнього руху і появою автомобілів великої вантажності і з осьовим навантаженням 11,5 т на автомобільних дорогах, особливо у літній період року, спостерігається різкий рост пластичних деформацій, у тому числі і колії. Підвищення колієстійкості асфальтобетонних покриттів є актуальним питанням.

Основна частина

Сучасні рішення з підвищення колієстійкості дорожнього одягу поділяються на два основних напрямки – конструктивний та матеріалознавчо-технологічний:

- конструктивний – спрямований на раціональне конструювання дорожнього одягу з метою зниження розтягуючих напружень в шарах дорожнього одягу та підвищення довговічності;

- матеріалознавчо-технологічний – спрямований на регулювання складу і властивостей матеріалів з метою підвищення міцності і витривалості та застосуванні нових матеріалів і технологій для підвищення довговічності.

До конструктивного напрямку підвищення колієстійкості дорожнього одягу відносять такі [1]:

- збільшення зсувостійкості дорожніх покриттів;
- збільшення жорсткості основ дорожнього одягу;
- застосування синтетичних сіток;
- забезпечення зчеплення між шарами дорожнього одягу.

Згідно ВБН В.2.3-218-186 при конструюванні дорожнього одягу нежорсткого типу необхідно керуватися наступними принципами:

а) тип дорожнього одягу та вид покриття, конструкція дорожнього одягу в цілому повинні задовольняти транспортно-експлуатаційним вимогам, які ставляться до дороги певної категорії з очікуваним у перспективі складом та інтенсивністю руху, з урахуванням зміни інтенсивності протягом заданих міжремонтних термінів і передбачуваних умов ремонту та утримання;

б) конструкція одягу може бути прийнята типовою чи розроблена індивідуально для кожної ділянки або ряду ділянок дороги, що характеризуються подібними природними умовами (грунт робочого шару земляного полотна, умови його зволоження, клімат, забезпеченість місцевими дорожньо-будівельними матеріалами і т. ін.) з однаковими розрахунковими навантаженнями. При виборі конструкції дорожнього одягу для даних умов перевагу варто віддавати перевіреним на практиці в даних умовах типовій конструкції;

в) у районах, недостатньо забезпечених стандартними кам'яними матеріалами, допускається (при відповідному обґрунтуванні) застосовувати місцеві кам'яні матеріали, побічні продукти промисловості та ґрунти, властивості яких можуть бути поліпшені шляхом обробки їх в'язучими матеріалами (цемент, бітум, вапно, активні золи віднесення і т. ін.) Одночасно треба прагнути до створення конструкції по можливості найменш матеріалоємної [2-3];

г) конструкція повинна бути технологічною та забезпечувати можливість максимальної механізації та автоматизації дорожньо-будівельних процесів. Для досягнення цієї мети кількість шарів і видів матеріалів у конструкції повинна бути мінімальною;

д) при конструюванні необхідно враховувати реальні умови проведення будівельних робіт (літня чи зимова технологія і т. ін.) і досвід служби доріг у конкретно заданому районі.

При призначенні видів покриття та основ для різних варіантів конструкцій дорожнього одягу нежорсткого типу слід враховувати положення діючих стандартів і норм на дорожньо-будівельні матеріали і вироби та норми проектування автомобільних доріг (ДБН В.2.3-4, ВБН В.2.3-218-002).

При виборі матеріалів для влаштування шарів дорожнього одягу нежорсткого типу необхідно враховувати такі положення:

а) покриття і верхні шари основи повинні відповідати проектним навантаженням і бути зсувостійкими;

б) конструкція дорожнього одягу повинна забезпечувати підвищений опір зсуву при високих літніх температурах. Для забезпечення цієї вимоги в покритті передбачають застосування тільки зсувостійких асфальтобетонних сумішей типу А і Б, щільних сумішей, а в основі – крупнозернистих асфальтобетонних сумішей або кам'яних матеріалів, укріплених цементом.

При виборі матеріалу для верхнього шару основи треба враховувати категорію дороги, тип покриття, а також і те, що шари, які містять органічне в'язуче, мають кращі деформаційні якості і теплофізичні властивості, ніж матеріали та ґрунти, укріплені неорганічними в'язучими. Однак, матеріали, що містять органічне в'язуче, дуже чутливі до високої температури, за якої зменшується їх зсувостійкість, чи мінусової температури, що призводить до проявлення їхньої крихкості.

На магістральних дорогах з важким і швидкісним рухом, основи потрібно влаштовувати переважно з укріплених матеріалів.

Товщину шарів з матеріалів, що містять органічне в'язуче та укладених на верхній шар основи із матеріалів, укріплених цементом, для обмеження появи «відбитих» тріщин на покритті потрібно приймати не меншою за товщину шарів, укріплених цементом. При цьому мінімальна товщина шарів з органічним в'язучим не повинна бути меншою за 12 см для полегшених покриттів і 16-18 см для капітальних.

У випадку застосування матеріалів, укріплених комплексними в'язучими, а також такими, що повільно твердіють і гідравлічними в'язучими, товщина шару може бути знижена на 20 %, в умовах спекотних і сухих районів дорожньо-кліматичної зони У-IV – на 30 %; на дорогах IV категорії з покриттями з чорних сумішей товщина шару покриття може скласти 6-8 см.

Необхідно передбачати в конструкціях дорожнього одягу нежорсткого типу можливо меншу кількість шарів (2 – 4 без урахування додаткових шарів) з різних матеріалів, використовуючи як основу пористий асфальтобетон, маломіцний цементобетон, ґрунти й матеріали укріплені в'язучими. В окремих випадках, коли це технічно та економічно доцільно, слід призначати і більшу кількість шарів дорожнього одягу.

Товщину окремого шару попередньо призначають у діапазоні від мінімальної конструктивної товщини, регламентованої діючими нормами (ДБН

В.2.3-4, ДСТУ Б В.2.7-119), до практично прийнятих значень (наприклад, у типових проектах) для даного регіону.

Якщо загальна товщина дорожнього одягу, отримана з розрахунку на міцність, менша за товщину, встановлену за морозостійкістю, то слід передбачити додаткові морозозахисні чи теплоізоляційні шари. У цьому випадку конструкцію основи дорожнього одягу потрібно призначати одночасно з проектуванням морозозахисних чи теплоізоляційних і дренажних шарів [2-3].

Товщину покриття удосконаленого типу слід призначати такою, щоб розтягуючі напруження, що діють в його найбільш напруженій зоні, не перевищували допустимих згідно ВБН В.2.3-218-186. Дорожній одяг нежорсткого типу.

Максимальні напруження при згині виникають, якщо модулі пружності суміжних шарів відрізняються в 10 і більше разів. Тому модулі пружності суміжних шарів повинні відрізнятися не більше, ніж у 3 – 5 разів.

У процесі будівництва повинно бути забезпечене надійне зчеплення шарів із монолітних матеріалів.

Товщину покриття перехідного типу треба визначати розрахунком згідно ВБН В.2.3-218-186 [5] так, щоб пружний прогин поверхні одягу не перевищував допустимого.

Товщини проміжних шарів одягу з удосконаленим покриттям слід призначати такими, щоб під дією розрахункових навантажень у монолітних шарах основи з матеріалів, укріплених неорганічними в'язучими, полімерними чи в'язкими органічними в'язучими, а також комбінованими в'язучими, розтягуючі напруження при згині не перевищували допустимих, а в зернистих і малозв'язних матеріалах (гравій, пісок, суміші на основі рідких органічних в'язучих і т. ін.) не виникали б неприпустимі деформації зсуву.

Для капітальних дорожніх одягів товщину асфальтобетонного покриття, що влаштовується з порівняно дорогих матеріалів, слід призначати близькою до мінімальної конструктивної, верхній шар основи капітальних дорожніх одягів потрібно влаштовувати головним чином з монолітних матеріалів – з пористого асфальтобетону, щебених сумішей, оброблених бітумною емульсією, фракційного щебеню, обробленого в'язким бітумом шляхом просочення, а також із фракційного щебеню, влаштованого за принципом розклинки дрібним щебенем чи гранульованим активним шлаком, укріпленою методом просочення цементопіщаною сумішшю.

Для влаштування нижньої частини основи, в залежності від розрахункових умов руху, слід надавати перевагу монолітним (укріплені ґрунти і кам'яні матеріали) та зернистим матеріалам, що відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7-74, ДСТУ Б В.2.7-75, ГОСТ 23558.

До матеріалознавчо-технологічних напрямів підвищення колієстійкості дорожнього одягу, згідно з РВ.2.3-218-21476215-388, відносяться такі:

- забезпечення однорідності товщини шарів дорожнього одягу;
- застосування у покриттях зсувостійких асфальтобетонів в тому числі щебенево-мастикового;
- модифікування бітумів термоеластопластичними та термопластичними полімерами, адгезійними добавками;
- використання в основах конструкцій матеріалів, укріплених в'язучими, в т.ч. цементом;
- використання сучасної дорожньо-будівельної техніки;
- забезпечення оптимальних температурних режимів при приготуванні та укладанні асфальтобетонних сумішей та матеріалів, оброблених органічними в'язучими.

Для підвищення міцності асфальтобетону при згині, а також його зносостійкості, корозійній стійкості до дії атмосферних факторів, тріщиностійкості при низьких температурах та зсувостійкості при високих температурах необхідно приймати спеціальні заходи з регулювання властивостей вихідних компонентів асфальтобетонної суміші, її складу:

- армування асфальтобетону;
- створення необхідних умов контакту асфальтобетонного покриття з основою (забезпечення надійного зчеплення, або, навпаки, гладкого контакту між ними);
- забезпечення необхідної товщини покриття;
- вибору виду і правильного визначенню товщини основи.

Застосування полімерасфальтобетону

Для підвищення теплостійкості асфальтобетону рекомендується використовувати модифікатори групи термопластів (Елвалой АМ, Полібілт, Еватане, Лотрел, Ломадере, Віскопласт та інші).

Для підвищення теплофізичних та деформативних властивостей асфальтобетону рекомендується використовувати модифікатори, які надають бітуму підвищену еластичність – термоеластоласти типу СБС (ДСТ-30-01,

ДСТ-30Р-01, Кратон, Вектор, Тайпол, Фінапрене, Європрене, Салпрене, Бутонал та інші).

При приготуванні полімербітумного в'язучого (БПВ) рекомендується користуватись рекомендаціями, технологічними регламентами і специфікаціями виробників.

При модифікації бітумів деякі модифікатори, наприклад, термопласт Елвалой АМ, суттєво підвищують в'язкість вихідного бітуму і переводять його у наступну марку.

Для покращення адгезивної активності бітуму, підвищення міцності, тепло- та зсувостійкості асфальтобетону, подовження строку служби асфальтобетонних покриттів рекомендується використовувати структуруючі добавки (Сісібіт, Лікомонд та інші).

Для забезпечення високих показників зчеплення бітуму з мінеральними матеріалами усіх порід, підвищення водостійкості асфальтобетону та строку служби покриття використовуються адгезійні добавки катіонного типу (УДОМ-2, Дорам, Андор, БП-3М, Азмол БП-3, Дорос-АП, КАП, Аскоме 12L, Вітфікс, Діаміне OLB, Індулін DF-41Е, Цецабос, Полірам L200, Дінораме 184, Терамін та інші), які покращують зчеплення з мінеральними матеріалами.

Усі структуруючі та адгезійні добавки рекомендується використовувати відповідно до технічних умов на кожну з них або рекомендацій та специфікацій виробника.

Бітуми менш в'язких марок (БНД 90/130, БНД 130/200) модифіковані термоеластопластами, рекомендується використовувати у північних районах. Для південних районів застосовуються більш в'язкі бітуми, модифіковані термопластами.

При застосуванні полімербетонів вимоги до них узгоджуються з діючими нормативними документами на асфальтобетон.

Застосування щебенево-мастикового асфальтобетону

Для підвищення зсувостійкості, термостійкості та довговічності дорожніх покриттів в умовах важкого та інтенсивного руху рекомендується використовувати щебенево-мастиковий асфальтобетон (ЩМА).

Гарячі щебенево-мастикові суміші відносяться до самостійного класу асфальтобетонних сумішей. Щебенево-мастикові суміші містять від 70 до 80 % щебених фракцій і мають підвищений вміст бітуму (від 5,5 до 7,5 % за

масою). Для утримання гарячого бітуму на поверхні щебеню у суміш вводять спеціальні стабілізуючі добавки.

В залежності від крупності щебеню суміші поділяють на наступні види: ЩМА-10, ЩМА-15, ЩМА-20 де 10, 15, 20 – максимальний розмір фракції щебеню.

Щебенево-мастикові суміші рекомендується використовувати при влаштуванні верхніх шарів покриття товщиною від 3 до 6 см. Мінімальна товщина покриття повинна бути у три рази більшою за максимальний розмір застосованого щебеню.

При приготуванні щебенево-мастикового асфальтобетону використовуються бітуми марок БНД 60/90, БНД 90/130 згідно ДСТУ 4044 та полімербітумні в'язучі марок БМТЕ 40/60-56, БМТЕ 60/90-52, БМТЕ 90/130-49, БМТП 40/60-56 та БМТП 60/90-52.

Приготування щебенево-мастикового асфальтобетону рекомендується здійснювати у змішувачах примусової дії, обладнаних відповідними дозаторами для полімербітуму, стабілізуючих волокон, мінерального порошку, піску та щебеню необхідних фракцій.

Для виготовлення ЩМА застосовуються матеріали, які відповідають вимогам чинних нормативних документів або сертифікатів відповідності.

Щебенево-мастиковий асфальтобетон допускається використовувати в усіх дорожньо-кліматичних зонах України.

Армування асфальтобетону

Для підвищення міцності та довговічності, запобігання виникненню у асфальтобетонному покритті тріщин, через малу міцність на розтяг під дією значних тимчасових навантажень від коліс автомобільного транспорту, рекомендується використовувати армуючі синтетичні сітки та геосинтетичні матеріали. Армування дорожніх одягів передбачає укладання сітки поверх шару основи або між шарами покриття.

Армування нижньої грані монолітного шару або верхньої його частини синтетичними сітками, що мають міцність на розрив більшу ніж матеріал шару на розтяг при згині, сприяє підвищенню розрахункової міцності конструкції за третім критерієм міцності (опору розтягу при згині монолітних шарів), а це дозволяє зменшити товщину усієї конструкції мінімум на 10 %. Синтетичні сітки виконують роль тріщиноперериваючих прошарків і запобігають появі відбитих тріщин на поверхні асфальтобетонних покриттів.

До синтетичних сіток висуваються такі вимоги:

- армуючі сітки повинні мати не менше 75 % вільної поверхні по площі сітки, що дозволяє здійснювати безпосередній контакт суміжних асфальтобетонних шарів;
- розмір чарунки сітки повинен бути у 2-2,5 рази більшим за максимальний розмір часток мінерального заповнювача в асфальтобетоні;
- міцність сітки шириною 1 м у подовжньому і поперечному напрямках повинна складати не менше 50 кН/м.

Підвищення міцності та довговічності основ

Довговічність дорожньої конструкції у значній мірі залежить від міцності і розподіляючої здатності основи. Призначення основи – передача напружень від транспортних засобів, що сприймає покриття дорожнього одягу і розподілення їх на ґрунт земляного полотна. Крім цього допоміжні шари основи виконують дренажні, морозо- та теплозахисні функції.

Основи магістральних доріг з важким інтенсивним рухом згідно ВБН В.2.3-218-186 [5] рекомендується влаштовувати переважно з укріплених матеріалів - щебеневих сумішей, оброблених бітумною емульсією, фракційного щебеню, обробленого в'язким бітумом шляхом просочення, фракційного щебеню, влаштованого за принципом розклинки дрібним щебенем чи гранульованим активним шлаком, укріпленого методом просочення цементопіщаною сумішшю, а також з цементобетону.

Верхні шари основи повинні відповідати розрахунковим навантаженням і бути водо-, морозо- і термостійкими.

При виборі матеріалів для верхнього шару основи необхідно враховувати природу в'язучого. Використання органічних в'язучих підвищує деформативність, але зменшує зсувостійкість при високій температурі та призводить до крихкості при низьких температурах. Для забезпечення підвищення опору зсуву верхні шари основи рекомендується виконувати з кам'яних матеріалів, укріплених цементом.

Нижні шари та шари додаткової основи повинні мати розрахункову міцність, тепло- та морозостійкість і дренажну здатність. Шари з дисперсних матеріалів повинні мати здатність опору до виникаючих зсувних напружень.

Для підвищення міцності на зсув шари нижньої частини основи рекомендується омоноличувати малими дозами органічних або неорганічних в'язучих [4].

Розташування неукріплених зернистих матеріалів між шарами з матеріалів, оброблених в'язучими, не допускається.

При конструюванні шарів основи з дисперсних матеріалів необхідно передбачити відведення вільної води за допомогою спеціальних заходів.

Для захисту основ дорожнього одягу від поверхневих вод та зниження вологості ґрунту земляного полотна необхідно виконувати запобіжні заходи: підвищувати міцність узбіч; забезпечувати достатній поперечний похил і водонепроникність узбіч і т.п.

Для запобігання взаємопроникнення дрібно- та крупнозернистих матеріалів суміжних шарів рекомендується використовувати розділяючі прошарки з геосинтетичних матеріалів.

Підвищення міцності і стійкості робочого шару земляного полотна

Згідно ВБН В.2.3-218-186 [5] для забезпечення стабільності і довговічності роботи всієї конструкції дорожнього одягу у часі, рекомендується особливу увагу привертати до стабільності фізико-механічних властивостей ґрунту активної зони земляного полотна. При цьому рекомендується керуватись типовими конструктивними рішеннями:

- використовувати у верхній частині земляного полотна нездимальні, малоздимальні і малонабрюкаючі ґрунти;
- забезпечувати необхідні коефіцієнти ущільнення шарів ґрунту робочого шару земляного полотна згідно табл. 2.3 ВБН В.2.3-218-186 [5];
- влаштовувати парогідроізолюючі прошарки для захисту ґрунту від зволоження поверхневими та ґрунтовими водами;
- для зміцнення і стабілізації робочого шару земляного полотна використовувати невелику кількість в'язучого (4-5 % цементу, 10-15% золи виносу, гранульованих і мелених шлаків, фосфогіпсу, вапна, цементного пилу, побічних продуктів органічного походження, гідрофобізуючих матеріалів і т. ін.). При цьому ґрунти, стабілізовані в'язучими, рекомендується розглядати як самостійні конструктивні шари дорожнього одягу.

При виборі в'язучого для укріплення ґрунту робочого шару земляного полотна віддають перевагу неорганічним в'язучим, як більш термостійким, що забезпечують більшу жорсткість та міцність земляного полотна.

Рекомендується укріплювати верхню активну частину земляного полотна неорганічними в'язучими при постійному надмірному зволоженні і тривалому

підтопленні як поверхневими, так і ґрунтовими водами, коли розрахункова вологість ґрунту перевищує 65% границі текучості.

Верхній шар земляного полотна рекомендується влаштовувати з малозв'язних ґрунтів і легких суглинків, оскільки при використанні і укріпленні важких суглинків і особливо глин, а також пилюватих ґрунтів або набухаючих ґрунтів потрібна значна кількість в'язучого.

Укріплені шари земляного полотна пропонується влаштовувати на всю ширину насипу або виїмки з наданням їм ухилу 2-4 %.

Висновки

Виконана робота дозволяє виявити причини утворення колії та розробити заходи щодо запобігання колієутворення на дорожніх покриттях, підвищити температуростійкість асфальтобетонних покриттів, розробити конструкції дорожніх одягів стійких до пластичних деформацій, підвищеної довговічності та міцності. В кінцевому результаті виконана робота сприяє поліпшенню експлуатаційного стану доріг та підвищенню безпеки руху.

Для підвищення довговічності асфальтобетонного покриття рекомендується при приготуванні асфальтобетонних сумішей використовувати термопластичні або термоеластопластичні полімери, адгезійні добавки, застосовувати зсувостійкі асфальтобетони, наприклад, щебенево-мастиковий асфальтобетон та армування синтетичними сітками.

Література

1. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво.
2. Радовский Б.С. Проблемы механики дорожно-строительных материалов и дорожных одежд. К.: ООО «ПолиграфКонсалтинг», 2003. 240 с.
3. Радовский Б.С., Щербакова Е.Я., Малеванский Г.В., Сиденко В.М., Батраков О.Т. Указания по определению прочностных и деформационных характеристик дорожно-строительных материалов и грунтов. К., 1975. 90 с.
4. ВБН В.2.3-218-539:2007 Споруди транспорту. Влаштування шарів дорожнього одягу автомобільних доріг загального користування із холодних сумішей, що містять фрезерований асфальтобетон.
5. ВБН В.2.3-218-186-2004 Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу.

Рецензенти:

Жданюк В.К., д-р техн. наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.
Нагайчук В.М., канд. техн. наук, ДП "ДерждорНДІ".

Reviewers:

Zhdaniuk V.K., Dr. Tech. Sci., Kharkiv National Automobile and Highway University.
Nahaichuk V.M., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), "DerzhdorNDI".

Стаття надійшла до редакції: **15.05.2017 р.**

УДК 629.3.054.26

Закревский А.І., канд. техн. наук, **Попелиш І.І.,** канд. техн. наук,
Коритчук С.О.

ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ АЕРОДРОМНИХ АНТИОЖЕЛЕДНИХ ХІМРЕАГЕНТІВ

Анотація. Високий рівень безпеки й регулярності польотів в осінньо-зимовий період експлуатації аеродромів у значній мірі залежить від готовності штучної злітно-посадкової смуги (ШЗПС) до виконання злітно-посадкових операцій, що, у свою чергу, обумовлюється попередженням утворення ожеледі й видалення снігу різної щільності з аеродромних покриттів в мінімальний термін. Важливим фактором, що визначає час і якість підготовки аеродрому до польотів в таких умовах, а звідси і економічні показники аеропорту, є використання відповідних хімреагентів для запобігання утворення або видалення сніжно-льодових відкладень з аеродромних покриттів.

Ключові слова: аеропорт, аеродромні покриття, ожеледні утворення, реагент

УДК 629.3.054.26

Закревский А.И., канд. техн. наук, **Попельш И.И.,** канд. техн. наук,
Коритчук С.А.

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АЭРОДРОМНЫХ АНТИГОЛОЛЕДНЫХ ХИМРЕАГЕНТОВ

Аннотация. Высокий уровень безопасности и регулярности полетов в осенне-зимний период эксплуатации аэродромов в значительной степени зависит от готовности искусственной взлетно-посадочной полосы (ИВПП) к выполнению взлетно-посадочных операций, что, в свою очередь, обуславливается предупреждением образования гололеда и удаления снега различной плотности с аэродромных покрытий в минимальные сроки. Важным фактором, определяющим время и качество подготовки аэродрома к полетам в таких

условиях, а отсюда и экономические показатели аэропорта, является использование соответствующих химреагентов для предотвращения образования или удаления снежно-ледовых отложений с аэродромных покрытий.

Ключевые слова: аэропорт, аэродромные покрытия, гололедные образования, реагент

UDC 629.3.054.26

Zakrevskiy A., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), **Popelysh I.**, Cand. Eng. Sci. (Ph.D.),
Korytchuk S.

EFFICIENCY OF APPLICATION OF AERODROME ANTI-GLOBAL CHEMICALS

Abstract. The high level of safety and regularity of flights during the autumn-winter period of operation of aerodromes depends to a large extent on the readiness of the artificial runway (runway) for performing take-off operations, which, in turn, is determined by preventing the formation of ice and snow removal with different density of airfield Coatings or their disposal in the shortest possible time. An important factor determining the time and quality of aerodrome preparation for flights in such conditions, and hence the economic parameters of the airport, is the use of appropriate chemicals to prevent the formation or removal of snow-ice deposits from aerodrome coverages.

Keywords: airport, aerodromes coverage, glaze education, reagent

Важным фактором, определяющим безопасность взлетно-посадочных операций, эффективность использования самолетного парка, является состояние поверхности аэродромных покрытий. Одним из структурных подразделений аэропорта, отвечающим за аэродромное обеспечение безопасности полетов, является аэродромная служба (АС), основу работы которой определяет планово-предупредительная система эксплуатации аэродрома – комплекс мероприятий по контролю состояния, эксплуатации, обслуживанию и ремонту, которые регулярно проводятся по заранее составленному плану. Данная система позволяет предупредить преждевременный износ элементов аэродрома,

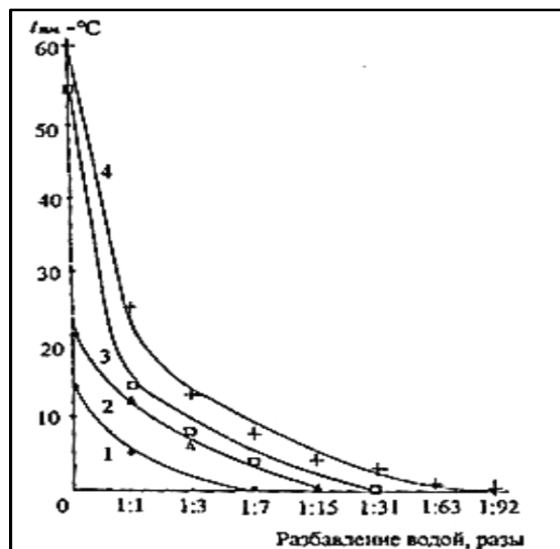
технологического оборудования, вовремя их отремонтировать, постоянно поддерживать в эксплуатационной готовности.

Наиболее сложным и ответственным периодом работы аэродромной службы по обеспечению готовности аэродрома к безопасным и регулярным полетам воздушных судов является осенне-зимний период эксплуатации, связанный с регулярной очисткой аэродрома от снега, гололеда, слякоти, что требует определенного количества разнообразной наземной техники, оптимальным графиком работы которой является использование «технологических окон» между полетами, а при особо неблагоприятных погодных условиях и закрытие аэропорта на некоторое время для подготовки аэродрома к полетам. Важным фактором, определяющим время и качество подготовки аэродрома к полетам в таких условиях, а значит и экономические показатели аэропорта, является использование соответствующих химреагентов для предупреждения образования или удаления снежно-ледяных отложений с аэродромных покрытий.

Используемые в настоящее время на аэродромах химреагенты отличаются большим разнообразием как по эффективности их применения при различных погодных условиях так и экономическими показателями, что зачастую является определяющим фактором при выборе того или иного вида соответствующего химреагента. Наиболее распространенными являются реагенты карбамидно-нитратной группы – карбамидно-аммиачная селитра (КАС), АНС – (антигололедный не коррозийный состав), НКММ – (нитрат кальция, магния, мочевины), и ацетатно-формиатная группа (ацетаты и формиаты калия и натрия). Отличительной особенностью первой группы химреагентов является использование их при температурах в основном до минус 5-10 °С, большой удельный расход, относительно низкая стоимость. Вторая группа эффективна при температурах до минус 50 °С, имеет значительно меньший удельный расход и высокую стоимость.

Особенностью работы любых реагентов на покрытии является постоянное снижение их концентрации в результате разбавления водой (образующейся из расплавленного льда, снега) при определенных значениях которой реагент перестает выполнять свои функции и возникает необходимость повторного нанесения реагента на покрытие для поддержания его в эксплуатационно-пригодном состоянии. На рисунке 1 показано изменение антифризных свойств

растворов на основе мочевины(33%), АНС (50%) , CaCl (30%), ацетата калия (50%) в результате разбавления их водой.



1- мочевины, 33%; 2 – АНС, 50%; 3 – CaCl₂, 30%; 4 – ацетат калия, 50%

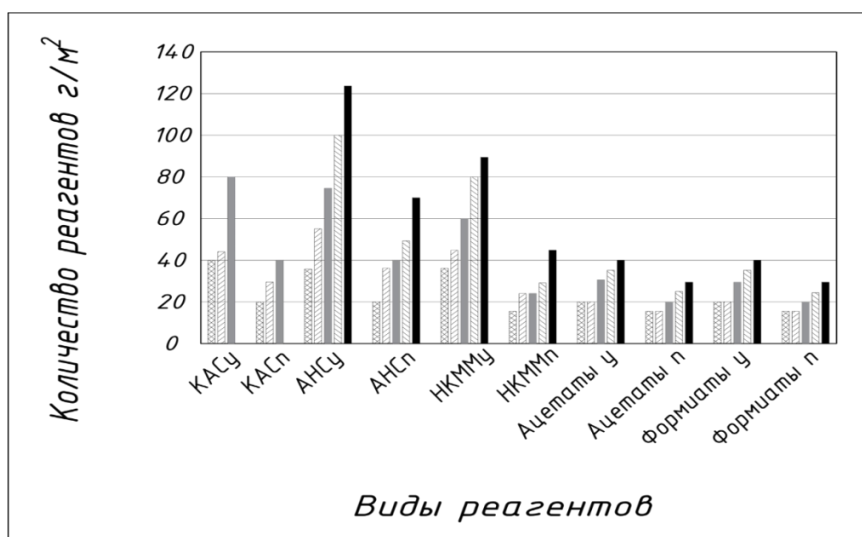
Рисунок 1 – Кратность разбавления реагентов водой до их замерзания

Изначальная температура кристаллизации раствора мочевины, АНС, CaCl₂ и ацетата калия соответственно (-13, -21, -55, -60) °С. Как следует из данных, приведенных на рис. 1, для того, чтобы довести растворы до температуры замерзания 0°С, нужно их разбавить соответственно в 7, 15, 31 и 92 раза. Это обстоятельство не может не сказаться на экономической эффективности применения реагентов. Для обеспечения постоянной готовности ИВПП в случае применения реагентов с малым разбавлением необходимо чаще выводить на полосу технику для нанесения реагентов, больше затрачивать горюче-смазочных материалов (ГСМ). При этом снижаются экономические показатели работы аэропорта за счет вынужденного закрытия ИВПП для подготовки ее к полетам и появляются дополнительные расходы на приобретение необходимого количества реагентов. Если принять эффект применения формиата калия при нанесении его на покрытие за единицу (нанести необходимо один раз для достижения необходимого эксплуатационного эффекта), то по отношению к нему и для достижения того же эффекта карбамид необходимо нанести четырнадцать раз, АНС – более шести раз, НКММ – более трех раз. Ацетат калия имеет практически такую же эффективность как и

формиат калия. В данной ситуации можно говорить об одноразовом и многократном применении того или иного химреагента, что существенно сказывается на эффективности их применения.

Сводные диаграммы по расходу и стоимости рассматриваемых видов химреагентов при одноразовом нанесении на покрытие и многократном (для удаления льда в 1 мм и предупреждения образования снежно-ледовых отложений при температуре от 0 °С до -10 °С) приведены на рисунках 2а и 2б. Из графиков видно, что при одноразовом нанесении реагента на покрытие (рисунок 2а) расход в г/м² снижается в сторону формиатов, но цена в грн/м² увеличивается, что объясняется высокой стоимостью (грн/кг) химреагентов ацетатно-формиатной группы.

а)



б)

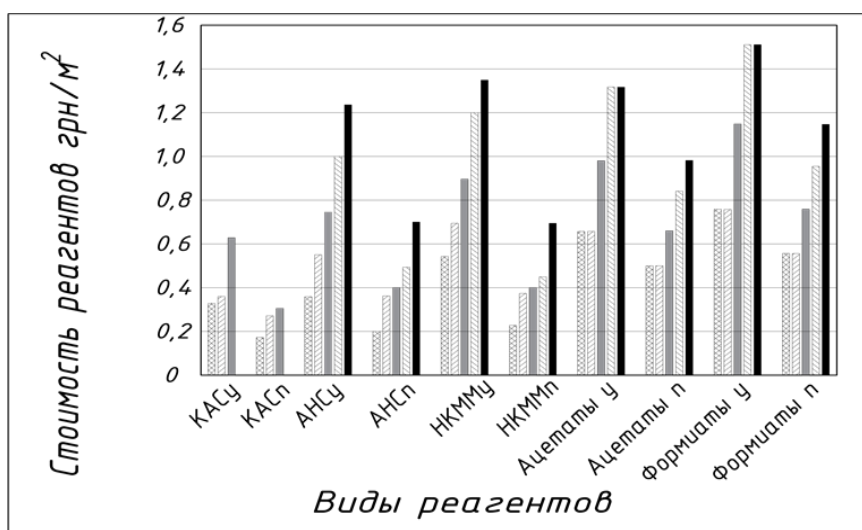
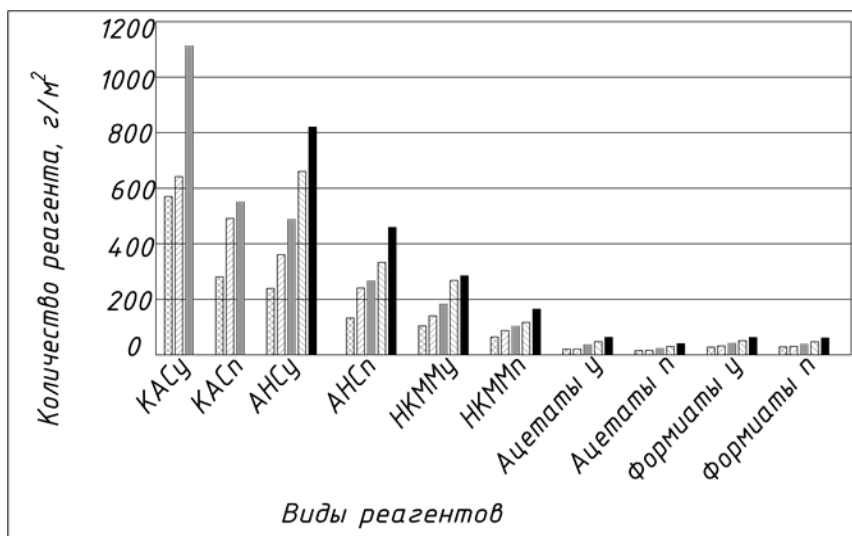


Рисунок 2 а, б – Изменение расхода химреагентов в г/м² и цены в грн/м² при одноразовом нанесении реагента на покрытие

Несколько иная ситуация наблюдается при многократном нанесении реагентов на покрытие. Общая закономерность снижения расходов в г/м^2 соблюдается, но только в более выраженном виде (рисунок 3а), но при этом резко снижается стоимость применения реагентов ацетатно-формиатной группы в грн/м^2 , рисунок 3б. Снижение стоимости объясняется резким снижением количества нанесений на покрытие (в разы) и длительностью действия реагента на покрытии в зависимости от погодных условий (от 3 до 5 дней).

а)



б)

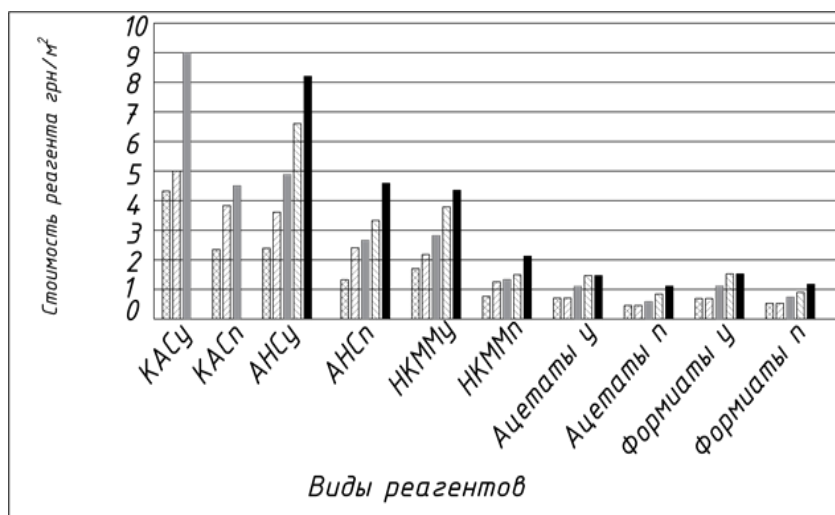
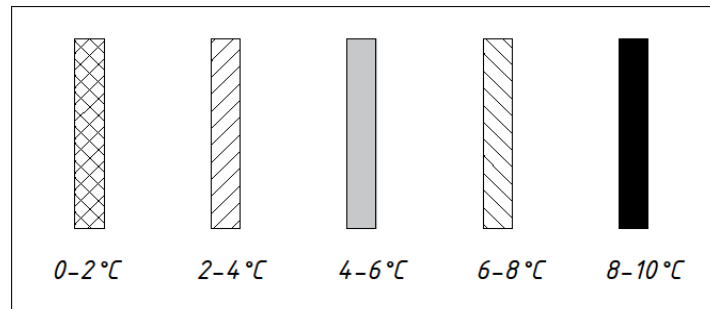


Рисунок 3 а, б – Изменение расхода химреагентов в г/м^2 и цены в грн/м^2 при многократном нанесении на покрытие.

Температура применения химреагентов показана условными обозначениями:



Выводы

1. Эффективность применения антигололедных химических реагентов зависит не только от плавающих свойств, но и от правильного и экономного их использования.

2. Расход реагентов на аэродромных покрытиях наиболее существенный у карбамидно – нитратной группы и значительно меньший у ацетатно-формиатной группы во всем диапазоне отрицательных температур.

3. В стоимостном выражении при одноразовом применении увеличивается цена реагентов ацетатно-формиатной группы за счет их более высокой стоимости. Но при многократном нанесении реагентов, стоимость их использование резко падает за счет более редкого нанесения и минимального расхода.

Литература

1. Руководство по аэропортовым службам: Часть 2. Состояние поверхности покрытий. ИКАО, 2002.

2. Циркуляр ИКАО 329. Состояние поверхности ВПП: оценка, измерение и представление данных. ИКАО, 2012.

3. Шишков А.Ф., Запорожець В.В., О.Н. Білякович. Аеропорт: Теорія й практика зимового утримування аеродромів. – К.: Дніпро, 2006, 196 с.

4. Орлов В.А. Теория и практика борьбы с гололедом. – М.: Воздушный транспорт, 2010. – 112 с.

Рецензенти:

Павлюк Д.О., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Кіяшко І.В., канд. техн. наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.

Reviewers:

Pavliuk D.O., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Kiiashko I.V., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Kharkiv National Automobile and Highway University.

Стаття надійшла до редакції: **20.04.2017 р.**

УДК 625.7/.8

Осяев Ю.М., канд. техн. наук

СИСТЕМОЛОГИЯ ОРГАНИЗАЦИИ БУДІВНИЦТВА

Анотація. Для визначення та вирішення важливих планово – організаційних завдань, а також задач управління будівництвом, яке характеризується багатопараметричністю та багатокритеріальністю, необхідно застосовувати ефективні методи аналізу, які дає системологія.

Системологія організації будівництва дозволяє забезпечити комплексний підхід на всіх етапах будівельного виробництва. Вона здійснює концептуальне визначення системогінеза організації будівництва.

В статті визначено напрямок шляху системного підходу до вирішення інженерних, управлінських та планово – економічних задач організації будівництва.

Ключові слова. Системологія, організація будівництва, система, елемент, зв'язки, структура системи, ефективність, аналіз інформації.

УДК 625.7/.8

Осяев Ю.М., канд. техн. наук

СИСТЕМОЛОГИЯ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Аннотация. Для определения и решения важных планово - организационных задач, а также задач управления строительством, которое характеризуется многопараметричностью и многокритериальностью, необходимо применять эффективные методы анализа, которые дает системология.

Системология организации строительства позволяет обеспечить комплексный подход на всех этапах строительного производства. Она дает концептуальное определение системогинеза организации строительства.

В статье определены направление путей системного подхода к решению инженерных, управленческих и планово - экономических задач организации строительства.

Ключевые слова. Системология, организация строительства, система, элемент, связи, структура системы, эффективность, анализ информации.

UDC 625.7/.8

Osiaev Yu., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.)

SYSTEMOMOLOGY OF ORGANIZATION OF CONSTRUCTION

Annotation. To determine and solve important planning and organizational tasks, as well as tasks of building management, which is characterized by multiparameter and multicriteria, it is necessary to apply effective methods of analysis that systemology provides.

The system of organization of construction allows to provide a comprehensive approach at all stages of construction. It provides a conceptual definition of the system organization of construction organization.

The article defines the direction of the ways of the system approach to the solution of engineering, management and planning - economic tasks of the organization of construction.

Keywords. Systemology, organization of construction, system, element, communications, system structure, efficiency, information analysis.

Системологія – наука про системи і системної організації процесів і явищ функціональних утворень і структур. Суттєвий внесок системологія здійснює в концептуальне визначення системогінеза організації будівництва. Системний підхід розглядає організацію виробництва як складний комплекс взаємозалежних і взаємодіючих перемінних. Тому формування принципів і вибір методів по вирішенню інженерних задач організації будівництва базується на основах системного аналізу, математичного моделювання процесів виконання робіт з широким застосуванням методів економічного обґрунтування, а також методів сучасної інженерної практики – експертних моделей, системи підтримання інженерних рішень, групового аналізу.

Відомо, що система – це сукупність елементів, які знаходяться між собою у відносинах і утворюють певну сукупність. Тому проблема детермінування елементів системи дуже важлива. З цієї точки зору системологічні основи

групування елементів виробничих завдань необхідні для визначення рівня їх виконання, з можливим використанням задач групування елементів виробничих завдань.

В основі принципів організації покладені універсальні закони. Усі закони як й принципи організації діють взаємопов'язано.

Принципи організації це основні правила, що відображають загальні універсальні закони організації. Принципи розробляються на підставі аналізу повторювальності реальних процесів організації виробництва і перевіряються практикою.

Одним із основних законів організації є закон синергії, якій полягає в тому, що сума властивостей (потенціалів або рівня кваліфікації, енергії, якості) організованого цілого перевищує арифметичну суму властивостей кожного з елементів системи. При цьому під властивістю елемента розуміють параметри, що його характеризують, їх взаємозалежність, зміни в часі, якості, рівня матеріально – технічного забезпечення, механізації виробництва, частки ручної праці та інш. Ефект синергії виникає за рахунок взаємної участі елементів, що перебувають у межах цілого і мають різноманітні проектні застосування. У виробничих системах будівництва організаційний ефект має такі складові, як спеціалізація, синхронність та ритмічність.

Ефект посилення індивідуальних дій покладений в основу створення виробничих систем суттєво впливає на такий показник, як продуктивність праці.

Ще одним із дуже впливових загальних законів системології можна визначити закон єдності аналізу – синтезу. Це визначає те, що процеси розподілу, спеціалізації, диференціації необхідно доповнювати протилежними процесами: з'єднання, універсалізації, інтеграції. Використання цього закону передбачає вибір ознак або спочатку підстав для розподілу, а потім для з'єднання або групування у нові класи. Закон ставить вимогу розподілу діючих систем на підсистеми або елементи з метою наступного перегрупування у нові системи для забезпечення їх ефективного функціонування. Використання цього закону є дуже важливим при проектуванні процесів організації та плануванні будівельного виробництва.

Закон пропорційності в системології означає потребу певного співвідношення між частинами цілого. Цей закон при організації будівельного виробництва регулює оптимальність складу виробничих підрозділів та ритмічність їх використання у технологічному циклі.

Вимоги закону композиції полягає в тому, що мета діяльності підсистеми, або елемента, одночасно є підціллю діяльності системи. Цей закон регулює спеціалізацію виробничих підрозділів.

Таким чином, під законом виробничих систем розуміються необхідні, суттєві, стійкі співвідношення між елементами виробничої системи, а також між цією системою і зовнішнім середовищем. Закони організації виробничих систем в системології утворюють низку законів, які взаємозалежні і взаємообумовлені, а всі разом становлять ціле.

Виробнича система може ефективно функціонувати тільки за умови взаємопов'язаної результативності всіх її елементів. Відповідність елементів системи досягається описом виробничого процесу, що об'єднує характеристики матеріальних і енергетичних ресурсів на «вхід» в систему технологічного процесу.

Таким чином, вимога раціональності елементів виробничої системи зумовлює необхідність відповідності кваліфікації робітників виробничому процесу в будівництві і технологічному процесу будівельного виробництва, тобто відповідності розряду робочих розряду робіт.

На стадії організаційного проектування, тобто складання проектів організації будівництва (ПОБ) або проектів виробництва робіт (ПВР) можна достатньо точно сформулювати функції кожного елемента системи і досягти відповідності кожного елемента виробничої системи, що виконується.

Остання визначається як похідна від мети системи. Функція кожного елемента системи визначає спосіб досягнення її мети, що підкреслює визначну роль технології відносно рівня механізації та кваліфікації робітників в організації виробничої системи. Вимоги відповідності елемента системи функції, що виконується, поширюється на потоки вхідних у систему елементів: матеріалів, конструкцій, інформації тощо, а також на потоки вихідних з неї елементів: об'єктів будівництва, послуг, інформації тощо.

Таким чином можна стверджувати, що функція системи реалізується через потоки енергії, людей, матеріалів та інформації, а структуру та її складові можна розглядати як множину обмежень на потоки в просторі та часі. Структура ініціює потоки, спрямовуючи їх вдовж певних шляхів, перетворює їх з певною затримкою в часі, наприклад, на час виконання технологічного процесу або процесу організації робіт, в певних випадках припускає регулювання зворотніх зв'язків. Треба мати на увазі, що структура може змінюватися в часі самотійно,

а також під впливом потоків. Вона впливає на потоки та в рамках системології і є системою в межах виробничої системи.

При цьому слід розрізняти, що потоки, які необхідні для збереження первісної структури є підтримуючими, а ті, що є результатами дії системи та її структури – потоками продукції.

На різних етапах планування, організації та управління будівельним процесом ці потоки можна визначити системою критерій та обмежень, характер якої впливає з видів діяльності:

- виробнича, яка оцінюється обсягами робіт, чисельністю виконавців, кваліфікаційною структурою учасників виробництва, часом виконання завдань, кількістю та структурою виробничих підрозділів, їхньою виробничою потужністю;
- організаційно – технологічна, яка оцінюється рівнем механізації, механоозброєності та енергоозброєності праці;
- економічна, яка оцінюється рівнем рентабельності, заробітною платою, фондівіддачею, фондоозброєністю.

Усі вище наведені показники мають не лише різне значення та характер застосування, але й мають спільні риси. Тому з точки зору системології всі підсистеми та елементи виробничої системи мають відповідати один одному, та пов'язані однією мегасистемою, яка має назву організація будівельного виробництва.

В законі системології відповідності зв'язків елементів виробничих систем їх властивостями і сутності є дуже цікаве спостереження на відповідність характеру впливу обставин на взаємовідносини, які характеризуються своєю упорядкованістю, які являють собою намагання спростити зв'язки, забезпечивши їх незмінність у часі. Яскравим прикладом цього є характеристика основної формули проектування організації робіт, яка пов'язує кількість виконавців з часом виконання робіт. Але в ході виконання будівельних робіт може бути багато припущень щодо значення часу виконання програми робіт та кількості виконавців, тому можна отримати тільки певне допустиме рішення. Оскільки виробничі процеси виконання будівельних робіт є багатометричними тому характер впливу на організацію робіт носить еластичний показник. В цьому випадку, з точки зору системології, передбачається можливість зміни зв'язків з одними елементами системи на зв'язки з іншими елементами. Така здатність до зміни системи впливає з умов створення її структури на зв'язках елементів, що

входять до складу системи. Еластичність зв'язків дає змогу обминати елементи виробничої системи, що виявляються непрацездатними і відповідно підвищити її надійність, а також локалізувати негативні впливи середовища.

Упорядкованість і еластичність зв'язків перебуває у діалектичній єдності. Для сучасних виробничих систем зв'язки між підсистемами або елементами мають бути водночас упорядкованими й еластичними, щоб одночасно забезпечувати адаптивність до вимог зовнішнього середовища і відповідну результативність.

Важливим системологічним фактором в організації будівництва є інформаційні потоки та інформаційні зв'язки, які в багатьох випадках є домінуючими, визначальними в системі. Також вони супроводжують і інші потоки – матеріальні, енергетичні, людські. Дії цих потоків фіксуються у вигляді інформації.

Інформація в системі визначається як з точки зору її отримання, зберігання, передачі, перетворення, фільтрації, так і з точки зору її вимірювання. Вирішення планово – організаційних задач орієнтовано на формуванні банків даних інформації, що використовується в багатьох напрямках практичної діяльності всіх учасників трудового процесу, а головним чином на стадії визначення вартості робіт; у процесі складання проектно – кошторисної документації; для формування проектів організації робіт; на всіх етапах визначення необхідних обсягів трудових і матеріально - технічних ресурсів.

Уся вихідна нормативно – інформаційна база, що використовується під час вирішення планово – організаційних задач, розміщена в системі документів, які поєднані в спеціальні групи норм державного або відомчого характеру. Таким чином, з точки зору системології, структура системи, це не тільки потоки, які впливають на її онтологічний стан, а також стійка упорядкованість у просторі і в часі її елементів та зв'язків. Властивістю структури є можливість існування протягом певного часу за допомогою зв'язуючого пристосування потоків для збереження елементів та їх вирішень приблизно в одному й тому ж порядку, реагуючи при цьому на дії середовища.

Структура Т формально визначається у вигляді кортежу:

$$T = \langle \hat{M}, \hat{X}_s \rangle, \quad (1)$$

де $\hat{M}$ - множина підмножин елементів системи

$$\widehat{M} = \{M_1 \dots M_n\}$$

$\widehat{X}_s$ - множина системоутворчих відношень між підмножинами елементів системи.

Структура системи зберігається та збагачується через функціональні трансформації, в той же час структура полегшує ці перетворення. З точки зору практики представлення структури бажано її спросити, щоб ідентифікувати елементи та взаємні зв'язки між ними (рис.1).



Рисунок 1 - Системологічна структура побудови системи організації будівництва

Таким чином можна стверджувати, що під організацією виробництва розуміється ситемологічна сукупність правил, процесів, дій, що забезпечують форму та порядок поєднання праці і речових елементів з метою підвищення ефективності виробництва на підставі взаємодії системо логічних принципів та закономірностей.

Література

1. Грабер І.Г., Ходаківський Є.І.С. Синергетика економічних систем – Житомир: ЖДТУ, 2003.
2. Дудник І.М. Вступ по загальної теорії системи – Л.: Наука, 2010.
3. Ліпський Г.Є., Лихоступ М.М. Основи організації, планування та управління дорожнім виробництвом. – К.: Грамна, 2010.
4. Осовська Г.В., Осовський О.А. Менеджмент організацій. – К.: Кондор, 2007.
5. Перегудов Ф.Н., Тарасенко Ф.П. Введення в системний аналіз. – М.: Висш.шк., 1989.
6. Системологія на транспорті: Підручник (М.Ф. Дмитриченко). – К.: Знання Україна. 2005 кн.1: Основи теорії системи і управління.
7. Сестров М.И. Основи функциональной теории организации. – Л.: Наука, 1972.

Рецензенти:

Кияшко І.В., катн. техн. наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.

Нагайчук В.М., канд. техн. наук, ДП "ДерждорНДІ".

Reviewers:

Kiiashko I.V., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Kharkiv National Automobile and Highway University.

Nahaichuk V.M. Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), "DerzhdorNDI".

Стаття надійшла до редакції: **27.04.2017 р.**

ЕКОНОМІКА ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА, ТЕХНІЧНА ЕКСПЕРТИЗА ТА ОЦІНКА МАЙНА

УДК 625.7/.8:338

Заворотний С.М., Харченко А.М., канд. техн. наук

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ВІДНОШЕННЯ «ЧАС – ВАРТІСТЬ» ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ДОВГОСТРОКОВИХ КОНТРАКТІВ ЗАСНОВАНИХ НА КІНЦЕВИХ ПОКАЗНИКАХ

Анотація. У даній статті:

- 1) розглянута класифікація методів оптимізації відношення «час-вартість»;
- 2) вказані основні переваги та недоліки методів оптимізації;
- 3) виконано аналіз методів оптимізації відношення «час-вартість».

Об'єкт дослідження – методи оптимізації відношення «**час – вартість**».

Мета роботи – виконання аналізу існуючих методів оптимізації відношення «**час – вартість**» з метою успішної реалізації довгострокових контрактів заснованих на кінцевих показниках в експлуатаційному утриманні автомобільних доріг України.

Методи дослідження – аналітичний, історичний, термінологічний, функціональний системний.

В даній статті розглянуто класифікацію методів оптимізації відношення «час-вартість». Відповідно до класифікації методи поділяються на: математичні (лінійне програмування, динамічне програмування та ін.), евристичні (метод Фондаля, структурна модель та ін.) та змішані (матеевристичні) (генетичний алгоритм, оптимізація «мурашиної колонії», «пошук гармонії» та ін.). Кожен з методів має ряд переваг та недоліків. Так математичні методи дають точні значення, але потребують великої кількості розрахунків. Евристичні – прості в використанні, але не забезпечують глобальної оптимізації. На відміну від цих

двох методів змішаний має меншу кількість недоліків, це забезпечується гармонійним поєднанням в ньому математичних та евристичних методів. Таким чином виникає ряд математичних методів оптимізації. Внаслідок проведеного аналізу літературних джерел та методів оптимізації даного відношення було визначено, що найбільш оптимальним та прогресивним методом є змішаний, а саме генетичні алгоритми. Це підтверджується значною кількістю наукових досліджень, в яких генетичний алгоритм розглядається, як основа оптимізаційного процесу.

Ключові слова: довгострокові контракти засновані на кінцевих показниках, експлуатаційне утримання автомобільних доріг, оптимізація, лінійне програмування, генетичний алгоритм.

УДК 625.7/.8:338

Заворотний С.М., Харченко А.Н., канд. техн. наук

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ ОТНОШЕНИЯ «ВРЕМЯ - СТОИМОСТЬ» ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ДОЛГОСРОЧНЫХ КОНТРАКТОВ ОСНОВАННЫХ НА КОНЕЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЯХ

Аннотация. В данной статье:

- 1) рассмотрена классификация методов оптимизации отношение «время-стоимость»;
- 2) указаны основные преимущества и недостатки методов оптимизации;
- 3) выполнен анализ методов оптимизации отношение «время-стоимость».

Объект исследования - методы оптимизации отношение «время - стоимость».

Цель работы – выполнение анализа существующих методов оптимизации отношения «время – стоимость» с целью успешной реализации долгосрочных контрактов, основанных на конечных показателях в эксплуатационном содержании автомобильных дорог Украины.

Методы исследования – аналитический, исторический, терминологический, функциональный, системный.

В данной статье рассмотрена классификация методов оптимизации отношение «время-стоимость». Согласно классификации методы делятся на: математические (линейное программирование, динамическое

программирование и др.), эвристические (метод Фондаля, структурная модель и др.) и смешанные (матеевристические) (генетический алгоритм, оптимизация «муравьиной колонии», «поиск гармонии» и др.). Каждый из методов имеет ряд преимуществ и недостатков. Так математические методы дают точные значения, но требуют большого количества расчетов. Эвристические - простые в использовании, но не обеспечивают глобальной оптимизации. В отличие от этих двух методов смешанный имеет меньшее количество недостатков, это обеспечивается гармоничным сочетанием в нем математических и эвристических методов. Таким образом возникает ряд матеевристических методов оптимизации. Вследствие проведенного анализа литературных источников и методов оптимизации данного отношение было определено, что наиболее оптимальным и прогрессивным методом является смешанный, а именно генетические алгоритмы. Это подтверждается значительным количеством научных исследований, в которых генетический алгоритм рассматривается как основа оптимизационного процесса.

Ключевые слова: долгосрочные контракты основанные на конечных показателей, эксплуатационное содержание автомобильных дорог, оптимизация, линейное программирование, генетический алгоритм.

UDC 625.7/.8:338

Zavorotnyi S.M., Kharchenko A.N, Cand. Eng. Sci. (Ph.D.)

ANALYSIS OF METHODS OF OPTIMIZATION OF RATIO «TIME – VALUE» TO IMPLEMENT PERFORMANCE BASED ROAD MAINTENANCE CONTRACTS

Abstract. In the given article:

- 1) considered classification of methods of optimization of the ratio of time-cost;
- 2) listed the main advantages and disadvantages of methods of optimization;
- 3) made the analysis of methods of optimization of the ratio of time-cost.

Object of study – methods to optimize the relationship of time – cost.

Objective - performing analysis of existing methods of optimization of relations time – cost with the purpose of successful implementation performance based road maintenance contracts in the operational maintenance of highways of Ukraine.

Research methods – analytical, historical, terminological, functional, systematic.

This article describes the classification of optimization techniques time-cost. According to the classification methods are divided into: mathematical (linear programming, dynamic programming, etc.), heuristic (method Fondale, structural model, etc.) and mixed (meta-heuristic) (genetic algorithm, optimization is ant colony", search for harmony, etc.). Each of the methods has a number of advantages and disadvantages. Mathematical methods give the exact value but require a large number of calculations. Heuristic – easy to use but do not provide global optimization. In contrast to these two methods mixed method has fewer disadvantages this is ensured by a harmonious combination of mathematical and heuristic method. Thus there is a number of meta-heuristic optimization methods. As a result of analysis of literary sources and methods to optimize this relationship has been defined the most optimal and progressive method is mixed, namely genetic algorithms. This is confirmed by the significant number of scientific studies in which the genetic algorithm is considered as the basis of the optimization process.

Keywords: based road maintenance contracts, operational maintenance of roads, optimization, linear programming, genetic algorithm.

Постановка проблеми

Проект вважається успішно реалізованим лише тоді коли він виконаний на 100% без грошових перевитрат і закінчений в найбільш оптимальний термін. Отже питання оптимізації відношення час-вартість є визначальним для успішності проекту. Особливо велике значення дане питання займає для реалізації довгострокових контрактів заснованих на кінцевих показниках (ДККП), які використовуються для експлуатаційного утримання автомобільних доріг (ЕУАД). Адже ДККП укладається на довгий термін, а ЕУАД є процесом, який виконується постійно, на відміну від будівництва. Для успішної реалізації ДККП в дорожній галузі України, необхідно виконати аналіз методів оптимізації, які використовуються в управлінні проектами з метою подальшого визначення найбільш прогресивного та ефективного.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Підчас аналізу досліджень та публікацій були визначені основні методи оптимізації відношення «час-вартість». В роботах [5-16] розглядаються математичні методи, які забезпечують точність результату, але потребують великої кількості розрахунків. В роботах [17-22] автори використали евристичні

методи, які були простішими ніж математичні, але не забезпечували глобальну оптимізацію. В роботах [4, 23-37] наведені змішані (метаевристичні) методи, які поєднують в собі як математичні так і евристичні.

Постановка завдання

Завданням даного дослідження є аналіз основних методів оптимізації відношення «час-вартість» для ефективної реалізації довгострокових контрактів заснованих на кінцевих показниках в дорожній галузі України.

Виклад основного матеріалу

Оптимізація відношення «час-вартість» є дуже складним процесом особливо в умовах невизначеності. В наслідок того, що ДККП укладається не менш ніж на 2 роки, а для якісного ЕУАД їх фінансування повинно виконуватись постійно і без затримок, вибір необхідного методу оптимізації є дуже складним процесом. Отже обрати метод оптимізації відношення «час-вартість» дуже складно внаслідок присутності багатьох факторів та цілей контракту, які обумовлені особливостями ЕУАД. З кожним роком методи змінювалися та вдосконалювалися формуючи все більше і більше моделей, алгоритмів та різноманітних підходів і способів.

Для виконання вимог щодо часу та вартості проектів, а отже і контрактів, використовують різні методи оптимізації відношення «час-вартість». Дані методи поділяються на [1]: математичні, евристичні та змішані (метаевристичні). Класифікація методів оптимізації відношення «час-вартість» зображено на рисунку 1.

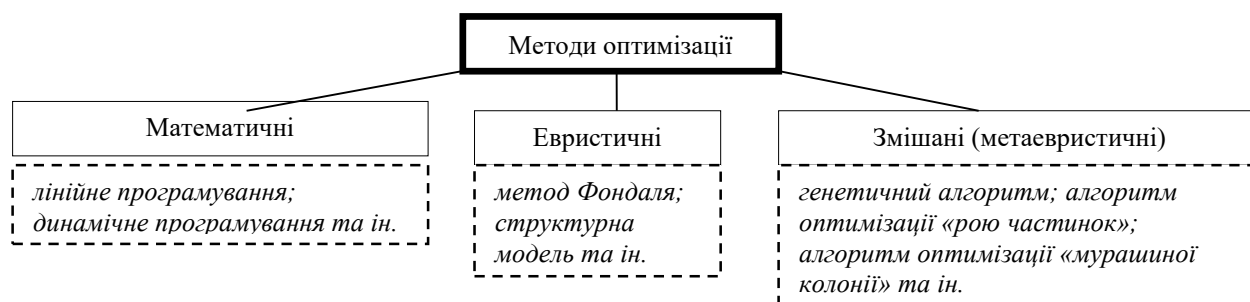


Рисунок 1 – Класифікація методів оптимізації відношення «час - вартість»

Математичні методи базуються на визначенні основних показників (активів), які впливають на залежність між часом та вартістю контрактів з метою формування задачі у вигляді математичної моделі з використанням лінійного, нелінійного, цілочисленного та динамічного програмування для їх вирішення

[1,2]. Перевагою даного методу є його точність та обґрунтованість, але значна кількість активів в проекті вимагає виконання великої кількості математичних розрахунків, що ускладнює процес оптимізації [2].

Евристичні методи використовують послідовні алгоритми розроблені для визначення і прийняття найбільш оптимального рішення, які базуються на основних принципах і вимогах задачі [2]. Дані алгоритми є дуже простими та зрозумілими, що дозволяє прийняти вигідне рішення, але брак математичної обґрунтованості та незабезпечення глобальної оптимізації є великим їх недоліком [2].

Змішані або метаевристичні методи на відміну від попередніх є більш гнучким та сучасним завдяки одночасному поєднанню математичного та евристичного. Методи використовуються на різних рівнях процесу оптимізації тим самим забезпечують якість отриманих результатів. Тобто створюються так звані еволюційні алгоритми. Найбільш поширеними є генетичні алгоритми, оптимізація «мурашиної колонії» та інші [1, 2].

Як бачимо існує безліч методів оптимізації відношення «час-вартість», які можуть забезпечити отримання бажаного результату. Але вони мають ряд своїх особливостей, переваг та недоліків, які необхідно враховувати при визначенні найбільш підходящого для вирішення конкретної задачі. А отже потрібно виконати аналіз найбільш прогресивних методів. Аналіз методів оптимізації часу та вартості проектів наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Аналіз методів оптимізації часу та вартості проектів [3, 4-37]

Методи	Моделі, підходи та алгоритми	Автори та рік	Особливість
1	2	3	4
Математичні	Лінійне програмування (ЛП)	Келлі та ін. [5] 1961 р.	В роботі запропонована математична модель, як основа для методу критичного шляху (МКШ), який використовується в плануванні та координації інженерних проектів. Вагомою складовою даного методу є параметрична лінійна програма, яка враховувала інформацію про час та затрати, які необхідні на різних етапах проекту.
		Хендриксон [6] 1989 р.	Інформація відсутня
		Паггоні [7] 1990 р.	Інформація відсутня
	Динамічне програмування (ДП)	Бутхер [8] 1967 р.	Інформація відсутня
		Робінсон [9] 1993 р.	Інформація відсутня

Продовження таблиці 1

1	2	3	4
Математичні	Динамічне програмування (ДП)	Мосельхі та Елрей [10] 1993 р.	Була запропонована модель ДП з введеними змінними грошових витрат в процес оптимізації. Дана модель складалася з двох етапів. В першому виконується аналіз відношення «час-вартість» для визначення локального мінімуму, а на другому виконується визначення процесу, який забезпечує досягнення необхідного результату.
		Ельмаграбі [11] 1993 р.	В даній роботі автор використав ДП для вирішення питання розподілу ресурсів у проєкті для зменшення часових термінів його виконання.
		Де, Данн і Уеллс [12] 1995 р.	Інформація відсутня
	Гібридні ЛП/ДП/ЦП	Лю, Бернс і Фен [13] 1995 р.	Автори використали математичну модель ЛП для визначення найбільш оптимальних часових термінів для проєктів в будівництві. Даний метод має суттєвий недолік – для створення математичної моделі необхідно визначити основну цільову функцію та обмеження, що потребує багато часу.
		Лю, Бернс і Фен [14] 1996 р.	Оптимізацію відношення «час-вартість» автори виконали за допомогою гібридної математичної моделі ЛП/ЦП. Для вирішення проблеми модель має два етапи: в першому визначається мінімум, а на другому використовувалось ЦП для визначення кінцевого точного результату.
	Цілочислене програмування (ЦП)	Мейер і Шаффер [15] 1963 р.	Проблему оптимізації відношення «час-вартість» автори вирішили за допомогою ЦП, враховуючи, як лінійну так і дискретну залежність між часом та вартістю. Недолік - ЦП потребує великої кількості розрахунків.
Паттерсон і Губер [16] 1974 р.			
Евристичні	Метод Фондаля	Фондаль [17] 1961 р.	Фондаль розробив альтернативний МКШ. Він використав кругову та контактну лінійну діаграми для оптимізації відношення. Перевага - легкість використання методу. Недолік – неможливість виконання глобального оптимального вирішення.
	Структурна модель	Прагер [18] 1963 р.	Прагер використав модель ЛП Келлі та формування мережевого потоку Фальксона, створивши модель для оптимізації. Недолік – можливість використання тільки при лінійній залежності між часом та вартістю.
	Ефективна модель ціноутворення	Сіменс [19] 1971 р.	За допомогою даного алгоритму можна скоротити часові витрати проєкту, якщо він виходить з заздалегідь визначених меж. Переваги – легкість в використанні та відсутність потреби використання комп'ютера в порівнянні з ЛП та подібними методами. Недолік – незабезпечення глобальної оптимізації.
	Модель структурної жорсткості	Мосельхі [20] 1993 р.	Автор запропонував модель оптимізації часу на основі мінімальної вартості. Дана модель базується на методі прямої жорсткості.

Продовження таблиці 1

1	2	3	4
Евристичні	Модель з врахуванням багато-профільних ресурсів	Хегазі та ін. [21] 2000 р.	Автори вдосконалили евристичний метод, шляхом врахування багатопрофільних ресурсів. Перевага – врахування інформації про ресурси. За допомогою такої бази даних менш важливі ресурси можна використовувати в період дефіциту основних, тим самим зменшивши витрати часу
		Ченг та ін. [22] 2006 р.	У цьому методі всі операції в проєкті згруповані у всі можливі комбінації і заплановані у відповідні групи. Евристичний алгоритм класифікує всі можливі комбінації та аналізує їх з подальшим вибором найбільш підходящої, яка потребує менших витрат часу. Недолік – не враховує ефект впливу часу проєкту на прямі витрати, а отже і на загальні.
Змішані (метаевристичні)	Генетичний алгоритм (ГА)	Лі і Лові [23] 1997 р.	Лі та Лові запропонували модель, яка дозволяє зменшити обсяг розрахунків для оптимізації. Це реалізувалося за допомогою вдосконаленої моделі ГА для оптимізації часу, вартості та ресурсів. Переваги – зменшення кількості розрахунків.
		Хегазі [24] 1999 р.	За допомогою ГА було виконано пошуку шляху оптимізації, який дозволив зменшити загальну вартість проєкту, яка була прийнята в якості об'єктивної функції з врахуванням специфіки необхідної вартості та терміну реалізації проєкту. Для вирішення ГА автори використали програмне забезпечення MS Project 4.1. Переваги – врахування строків реалізації проєкту, щоденних стимулів, щоденних потреби на ліквідацію втрат та щоденних непрямих витрат. Недолік – вимагає великої кількості розрахунків для великих сітьових проблем.
		Лей і Янг [25] 1999 р.	Автори розробили багатокритеріальну оптимізаційну модель ГА для будівельних проєктів. Недолік – необхідна велика кількість розрахунків.
		Лі та інші [26] 1999 р.	В роботі розглянута нелінійна залежність між часом та вартістю. Для цього автори створили квадратичну криву часових витрат для формування об'єктивної функції, яка в свою чергу розраховується за допомогою ГА. Недолік – квадратична залежність часу та вартості не може бути використана для великих проєктів.
		Сенучі та Елдіні [27] 2004 р.	Автори розробили розширену лагранжеву модель ГА для планування ресурсів. Вони врахували відношення пріоритетних задач, мінімізацію вартості проєкту та вплив на часові терміни його виконання. Також розглянули нелінійну та лінійну залежність для створення цільової функції.
		Чень і Венг [28] 2009 р.	Для вирішення питання планування ресурсів для реалізації будівельних проєктів автори розробили двофазну модель ГА. На першому етапі якої за допомогою ГА створюється розклад для кожного виду діяльності, з врахуванням відношення «час-вартість». На другому – планування ресурсів з врахуванням часових та грошових вимог визначених на першому етапі.

Кінець таблиці 1

1	2	3	4
Змішані (матеевристичні)	Генетичний алгоритм (ГА)	Шарзавари та ін. [29] 2012 р.	Шарзавари та співавтори запропонували вирішити проблему оптимізації за допомогою ГА та нечіткого (fuzzy) підходу. В даному методі автори використали підхід Тагучі для задання параметрів моделі. А також розглянули умови невизначеності для будівельних проектів.
	Еволюційний генетичний алгоритм (ЕГА)	Фен, Лю і Бернс [30] 1997 р.	Автори вирішили питання оптимізації даного відношення за допомогою ГА з використанням принципу Парето. Недолік – модель не може враховувати ресурсні обмеження та використовується на фінішні стадії.
		Ген і Ченг [31] 2000 р.	Інформація відсутня
		Чжен, Нг і Кумарасвами [32] 2004 р.	Інформація відсутня
	Алгоритм оптимізації «рою частинок» (АОРЧ)	Ян [33] 2007 р.	Ян використав ГА з принципом Парето. Модель була розроблена для вирішення таких цілей: отримання всього фронту Парето за один підхід; розглянути всі функції залежності «час-вартість» (лінійну, нелінійну, дискретну, переривчасту та гібридну). Даний метод модифікує пошукову процедуру у вигляді популяції «рою частинок».
	Алгоритм оптимізації «мурашиної колонії» (АОМК)	Сіонг і Куан [34] 2008 р.	Інформація відсутня
		Нг і Чжан [35] 2008 р.	Інформація відсутня
	Алгоритм «пошуку гармонії» (АПГ)	Джейм [36] 2010 р	Інформація відсутня
	Багато-цільовий оптимізаційний підхід	Шривастава та ін. [37] 2012 р.	В роботі автор використовує багатоцільовий оптимізаційний підхід для оптимізації відношення «час-вартість-якість» на основі підходу АОМК. Цільова функція була отримана шляхом кількісної оцінки часу реалізації, вартості та якості проекту.
		Султана та Сураджит [4] 2012 р.	Автор використовує багатоцільовий підхід на основі ГА. В дослідженні використовується дискретна залежність між часом проекту та ресурсами.

Аналіз методів оптимізації відношення «час-вартість» вказує на складність даного процесу, який зумовлений різноманітністю інженерних контрактів та проектів, які мають свої особливості і потреби. На шляху знаходження найбільш ефективного методу, автори використовували різноманітні моделі з постійним переходом від більш простих до більш складних з подальшим їх вдосконаленням. Головним завданням процесу вдосконалення та вибору методів оптимізації є зменшення обсягу розрахунків та отримання більш точних та глобальних результатів. Так останнім часом змішані методи такі, як ГА займають провідне положення в цій сфері, всі наступні методи

використовують ГА, як основу (наприклад такі алгоритм оптимізації «мурашиної колонії»). Але деякі з них мають певні недоліки, наприклад Лі та співавтори [25] спробували вирішити проблему оптимізації шляхом розгляду не лінійної залежності між часом і вартістю [3]. Для цього вони створили квадратичну криву часових витрат для формування об'єктивної функції, яка в свою чергу розраховується за допомогою ГА, але квадратичне відношення «час-вартість» є неефективним для розрахунку в великих довготривалих контрактах.

Беручи до уваги недоліки деяких ГА фахівці намагаються вдосконалити цей метод для виконання глобальної оптимізації показників. Велика кількість моделей побудованих на основі ГА чи з його врахуванням, вказують на велику популярність даного методу, що свідчить про його ефективність. Отже ГА може бути найбільш оптимальним методом, який забезпечить об'єктивну оптимізацію відношення «час-вартість» для реалізації ДККП в дорожній галузі України.

Література

1. Jorge M-M. Multiobjective Genetic Algorithm-Based for Time-Cost Optimization. New Developments in Pure and Applied Mathematics. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.inase.org/library/2015/vienna/bypaper/MAPUR/MAPUR-12.pdf>.
2. Навчальні матеріали онлайн. Маркетингова цінова політика. [Електронний ресурс]. -Режим доступу: http://idruchniki.com/18260617/marketingvitrati_vklyuchennyam_sobivartist.
3. Trivedi M.K., Sapan N. Use of optimization techniques in time-cost trade off (TCT) in civil construction: An Overview. Civil engineering department, Madhav Institute of Technology and Science Gwalior, 474001) (M.P.) INDIA. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://www.irphouse.com/ijcem/ijcemv2n1_01.pdf.
4. Sultana P., Surajit K. S. GA Based Multi-Objective Time-Cost Optimization in a Project with Resources Consideration. International Journal of Modern Engineering Research (IJMER) Vol.2, Issue.6, Nov-Dec. 2012. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://www.ijmer.com/papers/Vol2_Issue6/CQ2643524359.pdf.
5. Kelly E., James Jr. Critical path planning and scheduling: mathematical basis, Oper. Res., Vol. 9 no. 3, 1961, - pp. 167-179.
6. Hendrickson C., Au T. Project Management for Construction, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J, 1989.
7. Pagnoni A. Project Engineering: Computer Oriented Planning and Operational Decision Making, Springer, Berlin, 1990.
8. Butcher W.S. Dynamic programming for project cost-time curve, Journal of Construction Division, ASCE, Vol. 93 (C01), 1967, - pp. 59-73.
9. Robinson D. R. A dynamic programming solution to cost-time tradeoff for CPM, Mgmt. Sci., Vol. 22, No. 2, 1975, - pp. 158-166.
10. Moselhi El., Rayes K. Scheduling of repetitive project with cost optimization. ASCE Journal of Construction Engineering and Management, 1993, 119 (4): 681-697.
11. Elmaghraby S. E. Resource allocation via dynamic programming in activity networks, Eur. J. Operational Res., Vol. 64, 1993, - pp. 199-215.
12. De P., Dunne E. J., Wells C. E. The discrete time-cost trade-off problem revisited, Eur. J. Operational Res., Vol. 81, 1995, - pp. 225-238.
13. Burns S.A., Liu L., Feng C.W. The LP/IP hybrid method for construction time-cost trade-off analysis, Constr. Manag. Econ., Vol. 14, No. 3, 1996, - pp. 265-276.
14. Burns S.A., Liu L., Feng C.W. The linear programming and integer programming hybrid method for construction time-cost trade-off analysis. Construction Management and Economics, 1996, 14(3): 265-276.
15. Mayer W. L., Shaffer L.R. Extension of the critical path method through the application of integer programming, Civ. Engrg. Constr. Res. Ser. 2, Univ. of Illinois, Urbana, III, 1963.
16. Patterson J. H., Huber D. A horizon-varying, zero-one approach to project scheduling, Mgmt. Sci., Vol. 20, No. 6, 1974, - pp. 990-998.
17. Fondahl J. W. A non-computer approach to the critical path method for the construction industry, Technical Report No. 9, The Construction Institute, Department of Civil Engineering, Stamford University, 1961.

18. Prager W. A structured method of computing project cost polygons, *Manage. Sci.*, Vol. 9, No. 3, 1963, - pp. 394-404.
19. Siemens N. A simple CPM time-cost trade-off algorithm, *Management and Science*, 1971, 17(6): 354-36322.
20. Moselhi O. Schedule compression using the direct stiffness method, *Canadian Journal of Civil Engineering*, Vol. 20, No. 1, 1993, - pp. 65-72.
21. Hegazy T., Shabeeb A.K., Elbeitaigi E. Cheema T. Algorithm for scheduling with multi-skilled construction resources. *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, 2000, 126(6): 414-421.
22. Zheng H., Li H., Tan C.M. Heuristic scheduling of resource constrained, multiple mode and repetitive project. *Construction Management and Economics*, 2006, 24(2):159-169.
23. Li H., Love P. Using improved genetic algorithms to facilitate time-cost optimization, *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, Vol. 123, No. 3, 1997, - pp. 233-237.
24. Hegazy T. Optimization of construction time-cost trade-off analysis using genetic algorithms, *Canadian Journal of Civil Engineering*, Vol. 26, No. 6, 1999, - pp. 685-697.
25. Leu S., Yang S. Genetic algorithm based multi-criteria optimal model for construction scheduling. *Journal of Construction Engineering and Management*, 1999, 125(6): 420-427.
26. Li H., Cao and Love Using machine learning and genetic algorithm to solve time-cost trade-off problem. *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, 1999, 125(5): 347-353.
27. Senouci N., Eldin N. Use of GA in resource scheduling of construction project, *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, 2004, 130(6): 869-877.
28. Chen P.H., Weng H. A two phase genetic algorithm model for resource constrained project scheduling. *Automation in Construction*, 2009, 18(4):485-498.
29. Shahsavari N., Ghamginzaden A., Pour M. A new approach to solve the time-cost trade-off problem based on genetic algorithm and fuzzy theory. *International journal of Engineering and Techniques*, 2012, 1(3): 238-249.
30. Feng C.W., Liu L., Burns S.A. Using genetic algorithms to solve construction time-cost trade-off problems, *Journal of Computing in Civil Engineering*, ASCE, Vol. 11, No. 3, 1997, - pp. 184- 189.
31. Gen M., Cheng R. *Genetic Algorithms & Engineering Optimization*, Wiley-Interscience, New York, 2000.
32. Zheng X.M., Ng S.T., Kumaraswamy Applying a genetic algorithm-based multiobjective approach for time-cost optimization, *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 130, No. 2, 2004, - pp. 168-176.
33. Yang I.T. Using elitist particle swarm optimization to facilitate bicriterion time-cost trade-off analysis, *J. Constr. Eng. Manage.* Vol. 133, No. 7, 2007, - pp. 498-505.
34. Xiong Y., Kuang Y. Applying an ant colony optimization algorithm-based multiobjective approach for time-cost trade-off, *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, Vol. 134, No. 2, 2008, - pp. 153-156.
35. Ng S.T., Zhang Y. Optimizing construction time and cost using ant colony optimization approach, *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, Vol. 134, No. 9, 2008, - pp. 721-728.
36. Geem Z. W. Multiobjective optimization of time-cost trade-off using harmony search, *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, Vol. 136, No. 6, 2010, - pp. 711- 716.
37. Shrivastava R., Singh S., Dubey G.C. Multi-objective optimization of time-cost-quality-quantity using multi colony Ant algorithm. *International Journal of Contemporary Mathematical Science*, 2012, 7(16): 773-784.

Рецензенти:

Мамонов К.А., д-р економ. наук, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова.

Батракова А.Г., д-р техн. наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.

Reviewers:

Mamonov K.A., Dr. Econ. Sci., O.M.Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv.

Batrakova A.H., Dr. Tech. Sci., Kharkiv National Automobile and Highway University.

Стаття надійшла до редакції: **05.06.2017 р.**

УДК 332.6

Козарчук І.А., канд. техн. наук

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ПІДХОДІВ, ЯКІ ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ПРИ ОЦІНЦІ НЕРУХОМОСТІ

Анотація. У статті проаналізовано фундаментальні підходи, які застосовуються при оцінці нерухомого майна: витратний, дохідний і порівняльний. Досліджено їх особливості, сферу застосування, а також потенційні переваги та недоліки. Зроблено висновок про необхідність удосконалення оціночної діяльності в Україні та окреслено можливі напрямки такого удосконалення.

Ключові слова: оцінка майна, нерухомість, методичний підхід, витратний підхід, дохідний підхід, порівняльний підхід.

УДК 332.6

Козарчук И.А., канд. техн. наук

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПОДХОДОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ОЦЕНКЕ НЕДВИЖИМОСТИ

Аннотация. В статье проанализированы фундаментальные подходы, применяемые при оценке недвижимого имущества: затратный, доходный и сравнительный. Исследованы их особенности, область применения, а также потенциальные преимущества и недостатки. Сделан вывод о необходимости совершенствования оценочной деятельности в Украине и намечены возможные направления такого усовершенствования.

Ключевые слова: оценка имущества, недвижимость, методический подход, затратный подход, доходный подход, сравнительный подход.

UDC 332.6

Kozarchuk I., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.)

ANALYSIS OF MAIN APPROACHES USED IN THE VALUATION OF REAL ESTATE

Abstract. The article analyzes the fundamental approaches used in the evaluation of real estate: cost approach, income approach and sales comparison approach. Their characteristics, application area and potential advantages and disadvantages are investigated. The conclusion about the necessity of improvement of the evaluation activity in Ukraine is made. Possible directions for such improvement are outlined.

Keywords: property valuation, real estate, methodical approach, cost approach, income approach, sales comparison approach.

Постановка проблеми. Динамічний характер ринкової економіки зумовлює різноманіття операцій з нерухомістю. Це вимагає гнучкості та уміння пристосовуватися від суб'єктів оціночної діяльності. При цьому вони повинні впевнено володіти основними підходами та методами оцінки майна. Тому дослідження й аналіз основних концептуальних підходів, які застосовуються при оцінці нерухомості, є актуальною задачею.

Аналіз досліджень і публікацій. Вивченням різних підходів до оцінки майна займалися В. Брюгеман [1], Т.В. Калінеску [2], В.Р. Кучеренко [3, 4], Н.В. Мірзоян [5], В.І. Пазинич [8], Л.М. Перович [9] та інші автори.

Мета статті – проаналізувати основні концептуальні підходи, які використовуються при оцінці нерухомого майна.

Основна частина дослідження. Оцінювання нерухомості передбачає встановлення ціни на земельні ділянки, споруди, передавальні пристрої, будинки із земельними ділянками, а також квартири і кімнати, розташовані в багатоповерхівках, тощо.

Вартість нерухомості зазвичай необхідно визначити в таких випадках:

- операції з купівлі та продажу нерухомості;
- отримання кредитів під заставу нерухомості;
- оформлення іпотеки;
- розділення майна;

- страхування нерухомого майна;
- встановлення вартості спадщини при вступі в права спадкування;
- отримання виплат унаслідок страхового випадку;
- нарахування податків на власність;
- виникнення майнових і судових суперечок.

Існує ряд методів визначення ціни нерухомості. У статті розглянуті три підходи, які найчастіше використовуються при оцінюванні нерухомості – витратний, дохідний і порівняльний.

Відповідно до Національного стандарту №1 [6] методичні підходи – це загальні способи визначення вартості майна, які ґрунтуються на основних принципах оцінки. Принципи оцінки являють собою покладені в основу методичних підходів основні правила оцінки майна, які відображають соціально-економічні фактори та закономірності формування вартості майна. Правильне врахування таких факторів та закономірностей дозволить дати адекватну оцінку нерухомого майна.

Витратний підхід передбачає визначення поточної вартості витрат на відтворення або заміщення об'єкта нерухомості з подальшим її коригуванням на суму зносу (знецінення). При використанні цього підходу визначаються всі фактичні витрати, пов'язані з експлуатацією об'єктів нерухомості.

Відповідно до Національного стандарту №2 [7] витратний підхід доцільно застосовувати при проведенні оцінки нерухомого майна, ринок купівлі-продажу або оренди якого є обмеженим, спеціалізованого нерухомого майна, у тому числі нерухомих пам'яток культурної спадщини, споруд, передавальних пристроїв тощо. Для визначення ринкової вартості інших об'єктів оцінки витратний підхід застосовується у разі, коли їх заміщення або відтворення фізично можливе та (або) економічно доцільне.

Специфічною сферою застосування витратного підходу є оцінка суспільно-державних об'єктів нерухомості (наприклад, лікарень, шкіл, музеїв, бібліотек тощо) та спеціальних об'єктів, оскільки таке майно не призначене приносити дохід, крім того, важко знайти достатньо даних про продаж аналогів.

Отже, застосування витратного підходу доцільне, а іноді єдино можливе в наступних випадках [5]:

- коли оцінюються нові або нещодавно побудовані об'єкти;

- коли необхідно визначити варіант найкращого і найбільш ефективного використання землі;
- при техніко-економічному обґрунтуванні нового будівництва;
- для оцінки об'єктів незавершеного будівництва та тих, що реконструюються;
- для оцінки з метою виділення об'єктів оподаткування (будинки, земельна ділянка);
- для оцінки з метою страхування;
- для підсумкового узгодження вартості.

Недоцільно застосовувати витратний підхід для визначення ринкової вартості об'єктів, ринок купівлі-продажу яких достатньо розвинутий.

Недостатність інформації про реалізовані угоди продажу об'єктів нерухомості в таких випадках обмежує можливості практичного використання методів прямого відтворення продажів чи дохідних методів. За таких умов витратні методи, які базуються на солідній кошторисно-нормативній базі будівництва, здатні забезпечити надійні результати оцінки об'єктів нерухомості [8].

У випадку дохідного майна проект, варіація обладнання і вплив розташування роблять процес оцінки вартості набагато складнішим. Отже, витратний підхід іноді може бути важко застосовувати, особливо якщо майно не є новим.

Загалом, коли витратний підхід використовується для існуючого поліпшення, вартість заміни поліпшення оцінюється і коригується в бік зменшення внаслідок знецінення (амортизації), викликаного: 1) фізичним зносом; 2) функціональним або структурним старінням через наявність більш ефективного проектування, сучасних конструкцій і технологій, які знижують експлуатаційні витрати; і 3) зовнішнім старінням, яке може бути результатом змін за межами об'єкта, таких як надмірний трафік, шум або забруднення. Ці три категорії амортизації дуже важко визначити і, в багатьох випадках вони вимагають розсуду оцінювачів, які спеціалізуються на таких питаннях. Таке коригування є особливо складним для промислових об'єктів, об'єктів спеціального призначення, таких як громадські будівлі, а також майна, яке купується і продається нечасто [1].

Головна перевага витратного підходу полягає у придатності його застосування для оцінки нерухомості на малоактивних ринках. Наприклад, унікальні об'єкти продаються рідко або зовсім не продаються, тому в цьому випадку єдиний можливий спосіб визначити їх вартість – на основі витрат [3, 4].

До переваг витратного підходу також відносять:

- метод дозволяє отримати прийнятну ціну для продавця, тому що він враховує вартість активів і не бере до уваги потенційну прибутковість;
- існування достатньої кількості необхідної статистики (на відміну від порівняльного підходу).

Недоліками майнового (витратного) підходу є:

- Балансова вартість майна в багатьох випадках не відповідає її ринковій вартості, тому що витрати інвестора не завжди створюють ринкову вартість через різницю у витратах на відтворення порівнюваних об'єктів, і, навпаки, створювана вартість не завжди відповідає понесеним витратам. Це стосується насамперед об'єктів дохідної нерухомості [5].
- Іноді виникають труднощі з розрахунком зносу об'єкту (наприклад, коли будівлі більше 10 років).
- Бувають випадки, коли при застосуванні витратного підходу виникають проблеми, пов'язані з невідповідністю витрат на побудову нового об'єкта і вартістю відтворення старого об'єкта, тобто побудувати новий об'єкт дешевше, ніж відновити старий.

Дохідний підхід ґрунтується на оцінці очікуваних доходів від здачі об'єкта в експлуатацію чи оренду.

Дохідний підхід використовує дві методики розрахунку вартості:

- метод прямої капіталізації доходів;
- метод дисконтування грошових потоків.

Метод прямої капіталізації використовують тоді, коли прогнозований річний дохід постійний і не має чітко вираженої тенденції до зміни, а період його отримання не обмежений часом [9].

Переваги методу капіталізації доходів полягають у тому, що він безпосередньо відображає ринкову кон'юнктуру, оскільки при його застосуванні аналізується з точки зору співвідношення доходу і вартості, як правило, велика кількість угод з нерухомістю, а також при розрахунку доходу, що капіталізується, складається гіпотетичний звіт про доходи, основний принцип

складання якого – припущення про ринковий рівень експлуатації нерухомості [3, 4].

Такий підхід до оцінки не гарантує, що придбання даного майна буде хорошим вкладенням. Це тільки гарантує конкурентоспроможну ринкову ціну і що покупець, ймовірно, не переплачує або не недоплачує за майно відносно ціни, яку інші інвестори заплатили за аналогічне майно. Чи це хороша інвестиція, буде залежати від майбутнього зростання орендної плати, доходів і вартості нерухомості.

Якщо інвестор обирає використання коефіцієнта капіталізації на основі двох продажів аналогів, необхідно зробити багато поправок, щоб відобразити відмінності в оренді, на додачу до будь-яких додаткових фізичних, ситуаційних та інші відмінностей між об'єктами порівняння. Виконання таких коригувань не завжди легке. Тому призначати правильну ставку капіталізації важко, а неправильна ставка може призвести до серйозної помилки в оцінці [1].

Недоліки методу капіталізації доходів полягають у тому, що [3, 4]:

- його важко застосовувати, коли відсутня інформація про ринкові угоди;
- метод не рекомендується використовувати, якщо об'єкт недобудований, не вийшов на рівень стабільних доходів або серйозно постраждав внаслідок форс-мажорних обставин і вимагає суттєвої реконструкції.

Метод має ще один досить вагомий недолік. У формулі розрахунку поточної вартості об'єкта $V = I / R$ присутній показник чистого операційного доходу (I). Для його розрахунку необхідно володіти великим масивом інформації, яка часто відноситься до комерційної таємниці, та, відповідно, доступ до неї обмежений. У зв'язку з цим, завдання збору інформації про ринкові угоди та розрахунку коефіцієнта капіталізації є досить складною проблемою [3, 4].

Метод дисконтування грошових потоків більш складний, детальний та дозволяє оцінити об'єкт у разі отримання від нього нестабільних грошових потоків, моделюючи характерні риси їх надходження. Це найбільш універсальний метод, що дозволяє визначити справжню вартість майбутніх грошових потоків. Грошові потоки можуть довільно змінюватися, нерівномірно надходити і відрізнятися високим рівнем ризику. Це пов'язано зі специфікою

такого поняття, як нерухоме майно. Нерухоме майно купується інвестором в основному через певні майбутні вигоди [5].

Даний метод застосовується, коли:

- передбачається, що майбутні грошові потоки будуть суттєво відрізнятися від поточних;
- є дані, що дозволяють обґрунтувати розмір майбутніх потоків грошових коштів від нерухомості;
- потоки доходів і витрат мають сезонний характер;
- оцінюється нерухомість – великий багатофункціональний комерційний об'єкт;
- об'єкт нерухомості будується або тільки що побудований і вводиться або введений в експлуатацію.

Головною особливістю методу дисконтування грошових потоків та його головною перевагою є те, що він дозволяє врахувати несистематичні зміни прибутку (для яких у сучасній економіці нашої країни є всі передумови: зміна цін на сировину, матеріали, енергоресурси, зміни в законодавстві), а також те, що за допомогою даного методу можна оцінити об'єкт, який не лише приносить нерівномірні надходження прибутку, але й навіть збитковий.

З теоретичної точки зору цей метод є найкращим, але він досить трудомісткий [3, 4].

Отже, переваги дохідного підходу:

- вивчається і враховується ринкова ситуація;
- цей метод єдиний враховує майбутню прибутковість нерухомості.

Основними недоліками підходу є:

- необхідність прогнозування довгострокового потоку доходів;
- вплив факторів ризику на прогнозований потік;
- проблематичність збору даних про дохідність аналогічних об'єктів.

На відміну від витратного та порівняльного підходів, точність показників прибутку, що прогнозуються, багато в чому залежить від суб'єктивних уявлень оцінювача. Серед усіх трьох підходів ступінь суб'єктивізму в дохідному підході найбільший [3, 4].

Порівняльний (ринковий) підхід до оцінки нерухомості заснований на порівнянні оцінюваного об'єкта з аналогічним, вартість якого вже встановлена,

і інформація про це перебуває у відкритому доступі. Цей підхід найбільш поширений при проведенні операцій з купівлі або продажу нерухомості.

Застосування при оцінці нерухомості порівняльного підходу передбачає наявність повністю сформованого ринку нерухомості з наявністю достовірних даних про проведені операції.

Чим більше схожі об'єкти порівняння і чим більше їх використовується для аналізу, тим більше точним буде отриманий результат. Відповідно, даний підхід є надійним при оцінюванні житла, оскільки ринок житла – найбільш розвинутий сегмент ринку нерухомості та має достатню кількість продажів аналогів для порівняння. До того ж цей ринок насичений інформацією: періодичні видання, телевізійна інформація, інтернет-ресурси, власні бази даних ріелторських фірм.

Вибір даних про об'єкти, які дійсно можна порівняти за усіма суттєвими аспектами і які вимагають відносно невеликих коригувань через відмінності в характеристиках, має вирішальне значення для успішного використання цього підходу. Це суб'єктивний процес, і такі поправки повинні бути обґрунтовані на підставі недавнього досвіду з об'єктами-аналогами. Інакше можуть виникнути серйозні помилки [1].

Порівняльний підхід базується на ретроінформації і, відповідно, відображає фактичний стан корисності для інвесторів об'єктів нерухомості, в той час як дохідний підхід орієнтується на прогнози можливої майбутньої корисності нерухомості, зокрема майбутніх доходів об'єктів підприємницької діяльності [8].

Основною перевагою порівняльного підходу є те, що оцінювач орієнтується на фактичні ціни купівлі-продажу об'єктів-аналогів. Найбільш вірогідна ціна визначається ринком, а дії оцінювача обмежуються внесенням коригувань. Таким чином при реалізації цього підходу спостерігається менше суб'єктивізму, аніж при використанні інших підходів, особливо дохідного, коли вартість об'єкта визначається як результат певних розрахунків, зроблених оцінювачем на основі його суб'єктивних висновків. Істотною перевагою підходу є також те, що у вартості об'єкта враховується співвідношення попиту та пропозиції на об'єкт інвестування, оскільки ціна фактично укладеної угоди дозволяє врахувати ситуацію на ринку. За наявності достатньої кількості даних для аналізу він досить простий у застосуванні та дає надійні результати.

Але поряд із перевагами, порівняльний підхід має ряд істотних недоліків [2, 3, 4, 8]:

1. Можливість застосування порівняльного підходу залежить від наявності активно функціонуючого ринку об'єктів-аналогів. Підхід базується на аналізі ринкових даних про фактично укладені угоди, тому точність результату залежить від активності та насиченості ринку даними про угоди з об'єктами-аналогами. Крім того, ринок повинен бути прозорим, відкритим, забезпечувати як надійність джерел отримання повної та достовірної інформації, так і доступність цієї інформації для оцінювача.

2. Залежність від стабільності ринку. Якщо ринок піддається значним змінам, то отримати точний результат оцінки складніше (за час із моменту укладення навіть недавньої угоди до дати оцінки ринкові умови можуть суттєво змінитися).

3. Проблема отримання інформації про фактичні ціни продажу та специфічні умови угоди. Сьогодні у нашій країні фактичні ціни продажу часто приховуються з метою ухилення від сплати податків, тому перевірка вірогідності інформації значно ускладнена.

4. Відмінність продажів. Підхід базується на аналізі об'єктів-аналогів, однак абсолютно однакових об'єктів не буває, збігається лише ряд параметрів. Чим більше відмінностей між об'єктами порівняння, тим більша вірогідність отримання недостатньо точного результату.

5. Порівняльний підхід ґрунтується на інформації про стан ринку конкретних об'єктів нерухомості в минулому і недостатньо враховує перспективи розвитку певного сегменту ринку нерухомості в майбутньому.

Висновки

Узгодження результатів оцінки, отриманих із застосуванням витратного, дохідного та порівняльного підходів, здійснюється з урахуванням мети і принципів оцінки, що є визначальними для конкретної мети її проведення, обсягів та рівня достовірності вихідних даних та іншої інформації, яка використовувалася під час проведення оцінки [7].

Вибір, застосування і узгодження трьох підходів вимагають суджень і інтерпретації оцінювача. Ринки нерухомості є, як правило, локальними, тому якісний звіт з оцінки може бути отриманий оцінювачем з усебічним знанням місцевого ринку та глибоким розумінням підходів та методів оцінки майна.

Дохідний підхід є найкращим з погляду досягнення головної мети підприємницької діяльності. Тобто він дозволяє визначити поточну вартість майбутніх доходів, які виникають у результаті використання майна й можливого

подальшого його продажу. У цьому випадку застосовують оціночний принцип очікування. Ринковий і витратний підходи часто бувають більш точними й ефективними [2]. У ряді випадків кожний з підходів може бути використаний для перевірки вартості майна, отриманої за допомогою інших підходів.

Враховуючи наведений вище аналіз основних підходів до оцінки вартості нерухомого майна, можна зробити висновок про необхідність удосконалення оціночної діяльності в Україні. Для цього необхідно створити єдину інформаційну базу даних, що спростить оціночну діяльність і підвищить ефективність та якість оціночних послуг. Важливою є підготовка у ВНЗ професійних оцінювачів, які володіють новітніми методами оцінки відповідно до міжнародних вимог, а також перепідготовка та підвищення кваліфікації фахівців з урахуванням сучасних умов та закордонного досвіду. Також доцільною є організація науково-практичних семінарів та конференцій з актуальних проблем оціночної діяльності.

Література

1. Brueggeman W.B. Real Estate Finance & Investments. 14th ed. / William B. Brueggeman, Jeffrey D. Fisher. – New York: McGraw-Hill/Irwin, 2010. – 784 p.
2. Калінеску Т.В. Оцінювання майна: навч. посібник / Т.В. Калінеску, Ю.А. Романовська, О.Д. Кирилов. – Київ: Центр учбової літератури, 2012. – 312 с.
3. Кучеренко В.Р. Оцінка бізнесу та нерухомості: навч. посібник / В.Р. Кучеренко, Я.П. Квач, Н.В. Сментина та ін. – Київ: Центр учбової літератури, 2009. – 200 с.
4. Кучеренко В.Р. Оцінка та управління нерухомістю: навч. посібник / В.Р. Кучеренко, М.А. Заєць, О.В. Захарченко, Н.В. Сментина, В.О. Улибіна. – Одеса: Видавництво ТОВ «Лерадрук», 2013. – 272 с.
5. Мирзоян Н.В. Оценка стоимости недвижимости / Н.В. Мирзоян. – Москва: Московская финансово-промышленная академия, 2005. – 199 с.
6. Національний стандарт №1 «Загальні засади оцінки майна і майнових прав».
7. Національний стандарт №2 «Оцінка нерухомого майна».
8. Пазинич В.І. Оцінка об'єктів нерухомості: навч. посібник / В.І. Пазинич, Л.А. Свистун – Київ: Центр учбової літератури, 2009. – 434 с.
9. Перович Л.М. Оцінка нерухомості: навч. посібник / Л.М. Перович, Ю.П. Губар. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. – 296 с.

Рецензенти:

Мамонов К.А., д-р економ. наук, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

Батракова А.Г., д-р техн. наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Reviewers:

Mamonov K.A., Dr. Econ. Sci., O.M.Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv.

Batrakova A.H., Dr. Tech. Sci., Kharkiv National Automobile and Highway University

Стаття надійшла до редакції: **15.04.2017 р.**

УДК 338.242

Яценко Б.І., канд. екон. наук, **Соколова Н.М.**, канд. екон. наук, **Канін О.П.**, канд. техн. наук

ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗВИТОК ВИРОБНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА

Анотація. В роботі надана розробка раціональних методів та моделей економічного розвитку підприємства на базі виявлення та використання резервів виробництва.

Ключові слова: розвиток виробництва, фактори управління підприємством, досягнення ефективності виробництва, резерв

УДК 338.242

Яценко Б.И., канд. экон. наук, **Соколова Н.М.**, канд. экон. наук, **Канин А.П.**, канд. техн. наук

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация. В работе предоставлена разработка рациональных методов и моделей экономического развития предприятия на базе выявления и использования резервов производства.

Ключевые слова: развитие производства, факторы управления предприятием, достижения эффективности производства, резерв

UDC 338.242

Yatsenko B., Cand. Econ. Sci. (Ph.D.), **Sokolova N.**, Cand. Econ. Sci. (Ph.D.), **Kanin O.**, Cand. Eng. Sci. (Ph.D.)

ECONOMIC DEVELOPMENT OF MANUFACTURING ENTERPRISE

Abstract. The work provides the development of rational methods and models of economic development of the enterprise based on the identification and use of production reserves.

Key words: development of production, factors of enterprise management, achievement of production efficiency, reserve.

Постанова проблеми

Десять років економічної кризи для виробничих підприємств характеризувалися суттєвим зменшенням використання виробничих потужностей, що підтверджується відповідним зменшенням обсягів виробленої продукції. Важливим сектором економіки країни є галузь харчової промисловості. Не дивлячись на зростання обсягів продукції за останній час, питома вага цієї галузі в обсягах реалізованої промислової продукції залишається низькою. Підприємства харчової промисловості потребують вдосконалення процесу управління, як ефективного засобу його економічного розвитку. Управління підприємством - особливий вид діяльності, який поряд з організацією виробництва та виробництвом продукції, здійснює вагомий вплив на ефективність діяльності підприємства. Управління підприємством та методи його здійснення на сучасному етапі зазнають суттєвих змін.

Аналіз останніх досліджень

Вдосконалення системи управління підприємством призвело до необхідності вирішення великої кількості задач управління, що стало могутнім поштовхом до розвитку економіко-математичних методів оптимізації процесів. Фундаментальні результати в галузі теорії оптимізації та моделювання одержали вчені Глушков В.М., Гольштейн Е.Г., Зубов В.І., Канторович Л.В., Кігель В.Р., Кротов В.Ф., Ляшенко І.Н., Мойсєєв М.М., Михалевич В.С., Пшеничний Б.М., Ситник В.Ф., Сергієнко І.В., Суслов О.П., Тер-Крикоров О.М. та інші. Істотний вклад у вдосконалення методів управління виробництвом та організацією виробництва внесли вчені Аганбегян А.Г., Василенко В.О., Клименюк М.М., Крилов Ю.П., Ніколенко Ю.В., Покропивний С.Ф. та інші.

Ефективними напрямками розвитку підприємства є напрямки, що пов'язані з підвищенням обсягів виробництва за рахунок існуючих резервів виробництва на основі виявлення найбільш впливових на хід виробничого процесу факторів виробництва і коригування впливу цих факторів на обсяги виробництва за рахунок існуючих резервів. Але задача визначення оптимального складу виробничих факторів для збільшення обсягів виробництва діючих підприємств залишається невирішеною. Її вирішення ускладнюється необхідністю визначення резервів виробництва та виявлення залежності обсягу виробництва від нарощування визначених факторів виробництва.

Постанова задачі

Метою роботи є розробка раціональних методів та моделей економічного розвитку підприємства на базі виявлення та використання резервів виробництва.

Для реалізації мети поставлені та реалізовані наступні задачі:

- визначення напряму економічного розвитку в реальних умовах постійної зміни попиту на продукцію та особливостей підприємства;
- розробки методу визначення та аналізу резервів виробництва як ефективного засобу економічного розвитку підприємства;
- розробки моделі прогнозування резервів виробництва діючого підприємства;
- розробки математичної методу вибору оптимального варіанту підвищення ефективності виробництва підприємства;
- моніторингу результатів впровадження дослідження у виробництво.

Об'єктом дослідження є управління процесом виявлення резервів виробничого підприємства в умовах розвитку ринкових відносин на прикладі підприємств харчової промисловості та перероблення сільськогосподарських продуктів.

Предметом дослідження є наукові і прикладні методи, моделі та науково-методичні підходи до вдосконалення процесу економічного розвитку підприємств на основі виявлення і оптимального використання резервів виробництва.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблена модель економічного розвитку підприємства на основі оптимального використання факторів виробництва на підприємствах харчової промисловості та перероблення сільськогосподарських продуктів дозволяє визначити необхідний напрямок економічного розвитку досліджуваного підприємства з метою збільшення обсягу виробництва на діючому підприємстві на задану величину при мінімальних витратах, що спрямовані на нарощування виробничих факторів.

Виклад основного матеріалу

На сучасному етапі економічного розвитку в Україні спостерігаються принципово нові погляди на управління підприємством. Підприємство є економічно самостійним і таким, що повністю відповідає за результати своєї діяльності. І саме тому воно має сформувати таку систему управління, яка забезпечила б йому високу ефективність роботи, конкурентоздатність і стійке становище на ринку. Результати аналізу свідчать, що лише при ефективному

управлінні підприємством оптимально використовуються існуючі фактори виробництва та забезпечується стабільний розвиток підприємства в умовах ринкових відносин, відбувається інтенсивний його розвиток. Розвиток підприємства - це складний процес, який потребує постійного вдосконалення системи і методів управління підприємством. Він має базуватися на глибокому вивченні внутрішніх можливостей підприємства, використанні світового і вітчизняного досвіду, обґрунтованій системі методів його проведення, бути узгодженим із зовнішнім середовищем для забезпечення практичної реалізації та ефективності кінцевих результатів.

Для проведення аналізу розроблено послідовність визначення напрямку економічного розвитку підприємства. На основі проведеного аналізу з'ясовано, що можливо обрати один з наступних напрямків розвитку підприємства: 1) що призведе до підвищення обсягів виробництва продукції підприємства; 2) спрямований на перехід даного підприємства до виготовлення нового виду продукції. Досліджено, що розвиток підприємств харчової промисловості має бути спрямований на збільшення обсягів випуску конкурентоспроможної продукції, підвищення ефективності виробництва у відповідності з існуючими виробничими умовами.

Для підвищення ефективності виробництва підприємства важливим є вирішення задачі зниження витрат виробництва, яке здійснюється за рахунок великої множини факторів. В роботі всі існуючі фактори виробництва об'єднані у групи. Перша група містить організаційно-управлінські фактори, а друга - техніко-технологічні фактори. З метою визначення оптимального напрямку розвитку виробництва, підприємство має обирати ту групу факторів, завдяки впливу на які можна досягти найбільшого ефекту.

Для вирішення проблеми економічного розвитку підприємства, що призводить до підвищення ефективності його діяльності, визначені резерви за кожним фактором, який виступає складовою цього виробництва. Для визначення факторів, що впливають на діяльність підприємства, проаналізована і визначена структура даного виробництва, і на цій основі побудований метод виявлення резервів виробництва по кожному з існуючих факторів. Спираючись на метод декомпозиції системи управління, підсистему управління забезпечення підприємства ресурсами (SR) розділена на більш дрібні елементи, які відображають реальні задачі управління, що відповідають існуючим умовам та цілям даного виробництва. Такими елементами системи організаційного

управління виступають функціональні підсистеми. Кожна задача управління застосована у визначений період часу, пов'язана з визначеним підрозділом і конкретним видом ресурсу. Розвиток, який спрямовано на підвищення обсягів виробництва і базується на використанні резервів діючого підприємства без залучення додаткових інвестицій, є найбільш перспективним напрямком розвитку підприємства. Кожна задача управління пов'язана з визначенням ефективності. Визначення ефективності будується на системі показників, і ця система показників відображає структуру системи управління підприємством. Кожну з задач управління представлено як елементарну чарунку чотирьохвимірної системи, координатами якої є керовані процеси, виробничі підрозділи, фази управління та періоди управління. Комплекс задач визначення ефективності має ідентичну багаторівневу структуру, тобто усі задачі управління виробництвом пов'язані із задачами визначення їх ефективності. Оцінку різних варіантів розвитку виробництва підприємства запропоновано виконувати при визначенні інтенсивності виробництва після впровадження відповідного варіанту його розвитку в порівнянні з існуючим станом.

Визначення динаміки розвитку кожного фактора виробництва на основі моделювання процесів дає можливість підприємству своєчасно виявити резерви виробництва і на цій основі вжити заходи для підвищення ефективності. Прогноз резервів здійснюється по кожному виробничому фактору за умови, що їх пропорції в процесі виробництва не змінюються. Виявлення резервів виробництва проводиться як за підрозділами підприємства, так і за факторами виробництва, серед яких можна визначити матеріальні ресурси (або сировину), трудові, енергетичні, фінансові ресурси, основні фонди та ін.

З врахуванням резервів виникає можливість прийняти необхідні заходи по усуненню негативних факторів у розвитку виробництва. Зміни, що виникають в пропорціях факторів, необхідно враховувати при виявленні резервів виробництва у майбутньому на основі побудови прогнозуючих функцій пропорцій кількості залученого ресурсу по відношенню до кожного з інших ресурсів або обсягу продукції.

Виробничий процес на аналізованих підприємствах може бути віднесений до складних динамічних стохастичних процесів. Для побудови прогнозуючої функції розвитку будь-якого з виробничих факторів підприємства в динаміці враховано тренд, сезонну та випадкову компоненти. Підвищити адекватність моделі при прогнозуванні динаміки розвитку факторів, що застосовується для

імітації реальних виробничих процесів виробництва, дозволяє урахування впливу випадкових факторів. Прогнозуючі функції дозволяють прогнозувати потребу підприємства у надходженні сировини на подальші періоди часу. Для перевірки адекватності отриманої функції емпіричним даним застосовується метод діаграми з ковзним кроком. Аналіз отриманих даних дозволяє визначити тенденції змін факторів, що впливають на виробництво, та виявити диспропорції у їх розвитку. Виявлення тенденцій подальших змін показників усіх факторів виробництва на основі моделювання дозволяє визначити необхідні заходи щодо розвитку підприємства.

Здійснити процес розвитку підприємства можливо за рахунок впливу на кожний з обраних факторів виробництва, але у зв'язку з тим, що підвищення показника кожного з цих факторів потребує різних питомих витрат на виробництво додаткової продукції, для вибору найбільш ефективного з них запропоновано метод підвищення обсягів виробництва за рахунок виявлення та впливу на ті фактори виробничого процесу, що призведуть до максимального зростання його ефективності. Обсяг виробництва обмежується тим фактором, який має мінімальну пропускну здатність. З використанням кореляційно-регресійного аналізу визначена група факторів, що найбільш суттєво впливають на обсяги виробництва. Для визначення параметрів змін кожного з факторів використані дані, які характеризують динаміку виробництва і надають можливість отримати існуючу закономірність змін цих факторів. Для визначення величини недовикористання досліджуваного фактора на протязі будь-якого періоду часу враховано загальну суму усіх простоїв через нестачу інших ресурсів. На основі отриманих даних визначений вид прогнозуючої функції потенційних обсягів виробництва по кожному з факторів. Використовуючи розроблену послідовність визначення залежності нарощування обсягів виробництва за рахунок підвищення величини досліджуваного

Загалом задача оптимального підвищення обсягів виробництва за рахунок факторів виробництва полягає в знаходженні таких невідомих значень нарощування виявлених у ході аналізу факторів, які забезпечать заданий рівень підвищення обсягу виробленої продукції, при цьому будуть витримані обмеження по кожному фактору, а сумарні витрати на підвищення цих факторів будуть мінімальними.

Диявлені резерви досліджуваного виробництва і встановлені тенденції їх змін, визначено ступінь впливу факторів на обсяг виробництва підприємства,

розроблено варіант розвитку підприємства на основі застосування методу оптимального підвищення обсягу виробництва за рахунок виробничих факторів.

Наведена класифікація виробничих підрозділів підприємства, періодів управління, обсягів виробленої продукції та ресурсів, на основі якої можна визначити ефективність виробництва продукції та ефективність використання кожного з ресурсів у процесі виробництва. З точки зору інтенсифікації виробництва здійснено аналіз існуючих на даному виробництві факторів та обрано з них такі, вплив на які найбільш доцільний. Для цього визначена функція існуючої залежності між обсягом виробництва підприємства і виявленими факторами. При прогнозуванні динаміки розвитку факторів виробництва урахування впливу випадкових факторів дозволило підвищити адекватність моделі, що застосовується для імітації реальних виробничих процесів

Для здійснення розвитку підприємства за рахунок виявлених резервів виробництва визначено ступінь впливу кожного фактору на кінцевий результат виробництва. Для визначення ступеня впливу існуючих факторів у ході виробничого процесу на обсяги виробництва, досліджено вплив цих факторів за допомогою кореляційно-регресійного аналізу.

Для проведення якого використовувалась комп'ютерна програма Microsoft Excel. На першому етапі розглядався вплив на обсяг виробництва підприємства (Y) наступних факторів: обсяг надходження сировини (x_1); загальна кількість працівників (x_2); кількість промислово-виробничого персоналу (ПВП) (x_3); вартість основних засобів (x_4); вартість активної частини основних засобів (x_5); оборотні активи (x_6). У результаті отримано рівняння регресії:

$$Y=4604,32+0,72x_1+26,94x_2+54,76x_3-0,06x_4+0,09x_5-0,015x_6.$$

На наступних етапах аналізу виявлено, що найбільш впливовими факторами на даний процес виробництва є x_1 , x_3 , x_5 , а вільний член рівняння регресії показав, що на долю неврахованих факторів припадає біля десяти відсотків випуску продукції підприємства:

$$Y=3130,37+0,74x_1+55,98x_3+0,14x_5.$$

Існуючий характер змін показників добових обсягів виготовленої продукції, при розгляданні діяльності підприємства доводить, що показник

обсягу виробництва знаходиться під постійним впливом різних випадкових факторів. Для найбільш детального аналізу виробництва, вивчалася динаміка змін показника виробничих можливостей за кожним окремим фактором виробництва, що дозволяє встановити відповідні межі його змін у часі, які визначаються відповідними закономірностями

Для розв'язання задачі розвитку виробництва побудована економіко-математична модель підвищення обсягів виробництва, яка має вигляд:

Цільова функція:

$$72000K + 27000L + 1,3M \rightarrow \min. \quad (1)$$

Обмеження на підвищення обсягів виробництва підприємства –

$$0,733 \cdot K^{0,819} + 0,8 \cdot L + 13,565 \cdot M^{0,54} \geq 60\,000 \quad (2)$$

обмеження нарощування факторів –

$$\begin{cases} 0 \leq K \leq 240 \\ 0 \leq L \leq 70000 \\ 0 \leq M \leq 18000000 \end{cases} \quad (3)$$

Для розв'язку задачі усі нелінійні функції зведені до лінійних і обмеження моделі задачі приймають наступний вигляд:

$$\begin{aligned} &11000k_1 + 21000k_2 + 31000k_3 + 40000k_4 + 48000k_5 + 53000k_6 + 56000k_7 + 57000k_8 + \\ &+ 0,81 + 23000m_1 + 38000m_2 + 47000m_3 + 54000m_4 + 58000m_5 + \\ &+ 60000m_6 \geq 6000. \end{aligned}$$

Для повної побудови моделі введено умови змін включених в модель змінних:

$$\sum_{i=0}^8 k_i = 1, \quad k_i \geq 0 ; \quad \sum_{i=0}^6 m_i = 1, \quad m_i \geq 0. \quad (4)$$

Висновки

В роботі наведене теоретичне узагальнення і розв'язання актуальної наукової задачі розвитку виробничого підприємства з метою підвищення його

обсягів виробництва. Проведене дослідження та аналіз отриманих результатів дозволяють зробити наступні висновки:

1. Економічний розвиток країни в значній мірі залежить від постійного розвитку кожного підприємства та вдосконалення процесу управління. Найбільш актуальним напрямком в розвитку сучасного виробничого підприємства є підвищення ефективності виробництва на основі виявлення та використання існуючих резервів виробництва.

2. Визначення структури виробничої системи підвищує ефективність вирішення задачі розвитку підприємства. На основі взаємодії процесів управління, виробництва та організації виробництва здійснюється функціонування виробничої системи.

3. В залежності від існуючого стану підприємства можливо визначити актуальні напрямки економічного розвитку: 1) розвиток підприємства, що призведе до підвищення обсягів виробництва попитоспроможної продукції, яка випускається даним підприємством, або 2) розвиток підприємства, який спрямовано на перехід до виготовлення іншого (нового) виду продукції.

4. Економічний розвиток підприємства доцільно розробляти виходячи з запропонованого аналізу існуючих факторів виробництва, які можуть бути об'єднані у наступні групи: 1) організаційно-управлінські фактори; 2) техніко-технологічні фактори. Під час визначення найбільш раціонального напрямку розвитку виробництва, підприємство обирає ту групу факторів, яка відповідає обраному шляху її розвитку, і, крім того, через вплив на які можна досягти найбільшого ефекту.

9. Для з'ясування необхідного напрямку розвитку підприємства визначено ступінь впливу кожного фактору на результат виробництва з застосуванням методу кореляційно-регресійного аналізу. Визначено групу найбільш впливових на процес досліджуваного виробництва факторів.

12. Визначивши обсяг продукції, яка могла би бути виготовлена при умові повної реалізації досліджуваного фактору, з'являється можливість спрогнозувати потенційні обсяги виробництва по кожному з факторів.

13. Для вирішення задачі оптимального підвищення ефективності підприємства за рахунок використання існуючих резервів виробництва побудовано економіко-математичну модель, яка полягає у визначенні таких обсягів нарощування факторів, що забезпечать необхідний рівень підвищення

обсягу виробництва, при цьому будуть витримані обмеження по збільшенню кожного фактора, а сумарні витрати будуть мінімальними.

Література

1. Клименюк М.М. Напрями визначення ефективності реструктуризації підприємства // Збірник наукових праць. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Випуск 4 (28). - Рівне: НУВГП, 2004. - С. 11-16.
2. Визначення напрямів реструктуризації підприємства // Теорії мікро-макроекономіки: Збірник наукових праць. Вип.20. - К.: АМУ, 2005. - С.96-100.
3. Безус А.М., Безус П.І. Визначення інтенсивного розвитку підприємства // Теорії мікро-макроекономіки: Збірник наукових праць. Вип. 26. - К.: АМУ, 2007. - С. 408-411.

Рецензенти:

Боняр С.М., д-р екон. наук, Київська державна академія водного транспорту.
Гречан А.П., д-р екон. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Boniar S.M., Dr. Econ. Sci., Kyiv State Academy of Water Transport.
Hrechan A.P., Dr. Econ. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **06.04.2017 р.**

УДК 332:330.342

Яценко І.В., канд. екон. наук, **Каськів В.І.**, канд. техн. наук **Малько М.М.**
канд. техн. наук

УПРАВЛІННЯ В УМОВАХ ПЛАТІЖНОЇ КРИЗИ

Анотація. В роботі розкрито концептуально-методологічні основи комплексного аналізу закономірностей і особливостей платіжної кризи в трансформаційних соціально-економічних системах.

Проведено економіко-статистичне дослідження: доказано та теоретично обґрунтована наявність специфічного сектору немонетарної економіки України, який в господарській діяльності широко використовує немонетарні розрахунки: бартер, взаємозаліки, заборгованість, грошові сурогати. На основі компаративних досліджень виділено шість етапів розвитку немонетарної економіки. Доведено циклічний характер немонетарних розрахунків між економічними агентами. Досліджено та пояснено явище соціальних боргів.

Розроблено пропозиції щодо підвищення ефективності політики трансформацій та її антикризової складової. Обґрунтовується необхідність введення для подолання кризової депресивності.

Ключові слова: соціально-економічна система, трансформація, державна політика, платіжна криза, немонетарна економіка, бартер, взаємозалік, заборгованість, цикл.

УДК 332:330.342

Яценко И. В., канд. экон. наук, **Каськив В.И.**, канд. техн. наук, **Малько М.Н.**,
канд. техн. наук

УПРАВЛЕНИЕ В УСЛОВИЯХ ПЛАТЁЖНОГО КРИЗИСА

Аннотация. Проведен концептуальный анализ и теоретически уточнено содержание трансформаций социально-экономических систем, проводимых в условиях кризисов. Обосновано, что трансформации сопровождаются кризисами, возникающие, например, за счет синергии взаимодействия

институтов «стартовой» и «целевой» родовых систем. Применение историко-эволюционного подхода позволило идентифицировать кризисы разных масштабов, классифицировать их признаки и региональные особенности в условиях реформирования общественных отношений.

Обосновано существование немонетарной экономики, в которой широко применяются неденежные трансакции, включающие бартер, задолженность, взаимозачеты и денежные суррогаты разного вида. Каждый из видов неденежных расчетов имеет институциональный характер, все вместе — составляют основу немонетарной экономики. Проведена классификация неденежных расчетов, сущность которой заключается в системном динамическом анализе институтов неденежных расчетов путем выделения присущих им общих признаков, что повышает понимание явления платежного кризиса.

Сформировав динамические ряды статистических показателей, приведенных к сопоставимому виду и релевантно отображающих развитие платежного кризиса в Украине, эмпирически доказан ее циклический характер. Оценены закономерности и особенности цикличности неденежных расчетов, исследованы сходства и отличия их динамики в национальной, региональных и отраслевых социально-экономических системах. Выделены отдельные этапы эволюции платежного кризиса, проанализированные в их историческом контексте, определены их региональные отличия.

Эмпирическое исследование и обобщение практики государственной трансформационной политики позволяет конкретизировать обеспечение обоснования ее нормативности за счет:

- 1) аргументации, что принятие решения относительно момента внедрения каждого антикризисного мероприятия должно учитывать конкретную фазу цикла платежного кризиса;
- 2) компаративного подхода к описанию системы, предполагающего, что разные этапы трансформаций характеризуются специфической синергией сосуществования институтов «начальной» и «целевой» систем;
- 3) траекторного подхода, описывающего динамику системы не только в историческом контексте, но и в координатах развития систем других уровней иерархии;
- 4) системности принятия стратегических решений, сопряженных между собой как по иерархии, так и в историческом контексте.

UDC 332:330.342

Yatsenko I., Cand. Econ. Sci. (Ph.D.), **Kaskiv V.**, Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), **Malko M.**
Cand. Eng. Sci. (Ph.D.)

THE MANAGEMENT IN THE CONDITIONS OF PAYMENT CRISIS

The thesis discloses the conceptual and methodological basis for comprehensive analysis of regularities and peculiarities of payment crisis in transformational social and economic systems.

The empiric economic and statistical research has been conducted and existence of a specific sector of non-monetary economy of Ukraine that used nonmonetary payment like barter, mutual settlements, arrears and cash equivalent has been argued. On the basis of comparative studies the six stages for development of non-monetary economy have been identified. The cyclic character for non-monetary payments between economic agents has been proven. The phenomenon of social debts has been studied and explained.

The proposals on increase of effectiveness of policy for transformation and its anti-crisis component have been made. The necessity of special legal regimes to overcome regional crisis depression has been proved.

Key words: social and economic system, transformation, region, government regional policy, payment crisis, non-monetary economy, barter, mutual settlements, arrears, cycle.

Актуальність теми визначається тим, що наприкінці ХХ століття розпочалися масові процеси соціально-економічних перетворень, які мали принципово новий характер, зокрема — здійснення в історично короткий час постсоціалістичних трансформацій. Ці зміни супроводжувалися кризовими явищами, які гостро проявлялися в Україні та інших країнах, що проводили трансформації «від плану до ринку». В реалізації реформ в різних країнах виявилось як багато спільного, так і суттєві розбіжності, що обумовлені національними особливостями, специфікою вибраної технології трансформацій. Практика постсоціалістичних трансформацій виявила проблеми, що було складно пояснити на базі існуючих економічних теорій. Нові проблеми також з'явилися під час реалізації концепцій

«постіндустріального» або «інформаційного» суспільства, «економіки, заснованої на знаннях». Зазначені трансформації ґрунтуються на нестаціонарності соціально-економічних систем та мають нелінійний характер

Аналіз останніх публікацій показує, що в транзитології мають значні наукові здобутки такі українські науковці, як О. Амоша, Б. Буркинський, З. Варналій, Б. Гаврилишин, А. Гальчинський, В. Геєць, А. Гриценко, Б. Данилишин, С. Дорогунцов, І. Лукінов, С. Мочерний, В. Черняк, А. Чухно, російські вчені, зокрема: Л. Абалкін, Є. Гайдар, С. Глазьев, А. Мартинов, В. Май, Р. Капелюшников, В. Черковець, Є. Ясін, іноземні вчені: А. Aslund, L. Balcerowicz, B. Chavance, J. Stiglitz, D. Kaufman, J. Kornai, J. Sachs, C. Kolodko, J. Sapir.

Однією з непередбачуваних проблем постсоціалістичної трансформації явилася платіжна криза, що стимулювала поширення бартеру, взаємозаліків, грошових сурогатів, заборгованості, які діяли системно, за подібними правилами, змінюючи поведінку економічних агентів. Проблеми платіжної кризи досліджували російські вчені: С. Аукціонек, В. Бессонов, В. Волконський, Є. Гайдар, С. Гурієв, В. Дребенцов, М. Делягін, Р. Єнгов, В. Івантер, А. Ілларіонов, Г. Клейнер, О. Луговий, В. Полтерович, С. Цухло, А. Яковлев, іноземні вчені G. Alfandari, O. Blanchard, G. Calvo, F. Corelli, J. Szyrmer, E. Porotti, B. Pinto, J. Rostowski, M. Schaffer, C. Wyplosz.

Постсоціалістичні трансформаційні кризи стимулювали подальшу дивергенцію соціально-економічного розвитку регіонів, сформували сукупність нових ситуацій та проблем. В регіональні дослідження внесли вагомий вклад роботи вітчизняних вчених, зокрема: Б. Буркинського, П. Бубенка, А. Голікова, Б. Данилишина, М. Долішного, С. Дорогунцова, І. Лукинова, М. Чумаченка, російських – О. Гранберга, Г. Гутмана, Ю. Дорошенка, В. Лексіна, О. Швецова.

Зміна соціально-економічної ситуації та сучасні завдання розвитку потребують модернізації стратегії трансформацій, формування активної антикризової державної політики, що визначило вибір теми, мети, та завдань дослідження.

Метою роботи є розробка методологічного забезпечення державної політики, яка спрямована на підвищення ефективності трансформацій, подолання платіжної кризи, а також науково – методичних основ антикризового управління окремою категорією з широкого класу об'єктів державної

регіональної політики – трансформаційними регіональними соціально-економічними системами, прикладних аспектів цієї сфери відносин.

Викладення основного матеріалу

Завдання дослідження визначають його актуальність та практичну значимість, що пов'язана, по-перше, з можливістю нормативного визначення траєкторій розвитку систем, зокрема — передбачати кризові явища, по-друге, з розробкою комплексу політико-економічних рішень щодо удосконалення державної політики шляхом формування її спеціального антикризового сегменту, що сприятиме підвищенню ефективності управління на всіх рівнях системної ієрархії, адаптації технологій соціально-економічних трансформацій до сучасних світових і європейських практик.

Об'єктом дослідження є трансформаційні соціально-економічні системи країни, галузей і регіонів, що розглядаються як цілісна сукупність.

Предметом дослідження є комплекс суспільних (політико-правових і соціально-економічних) відносин, пов'язаних з платіжною кризою.

Для дослідження складної системи, розкриття категоріального змісту її трансформації найбільш універсальним є її описання як відкритої нелінійної структури. Трансформації супроводжуються кризовими явищами, які пов'язані з принциповими змінами структури елементів системи та їх взаємодій. Друге значення після трансформаційної кризи у постсоціалістичних країнах мала платіжна криза.

Проаналізовано офіційні та дослідницькі концепції визначення платіжної кризи, більшість яких пов'язано з конкретизацією її наслідків чи передумов. Загальноприйнятого визначення цієї економічної категорії не надано. Тому, запропоновано категоріальне визначення: «Платіжна криза – різке загострення соціально-економічного стану, що пов'язано з широким використанням немонетарних розрахунків, які замінюють в господарських відносинах гроші та мають переважно неринковий характер обігу».

В Україні на межі XX-XXI століть було сформовано фрагментарну змішану трисекторну економіку, в якій використовувались планово-адміністративні, ринкові та тіньові економічні відносини. Історичні періоди трансформації відрізнялися різним поєднанням зазначених секторів. Загальну економічну картину змінювало існування так званої *немонетарної економіки*, в

якій в економічних операціях замість грошей масово використовувалися немонетарні розрахунки. Формування за безпосередньої участі держави зазначеної економіки дозволяє виділити *немонетарну політику*, що регулює немонетарні розрахунки, припускаючи їх паралельне використання разом з грошима, яка, використовуючи специфічні методи роботи, спрямована на досягнення визначених економічних цілей.

Формування концептуальної бази дослідження та обґрунтування його методичного апарату дозволяє сформувати модель, яка релевантно описує платіжну кризу, застосовуючи сукупність чотирьох видів немонетарних розрахунків A_i , між інституційними одиницями B_j , грошових сурогатів $A_{\text{сур}}$ простроченої заборгованості $A_{\text{изаб}}$, бартеру $A_{\text{ібар}}$, взаємозаліків $A_{\text{івз}}$ що має специфічні системні якості, зокрема: цілісність, цільоспрямованість, структурованість, самоорганізованість, адаптованість тощо.

Соціальна спрямованість є фундаментальною основою трансформацій, що, на практиці начастую поступалося прагненням прискорення реформ, пов'язаних з «приватизацією – лібералізацією-стабілізацією» та явленнями, що соціальні проблеми є похідними. Хоча, Світовий банк у, 2013 році відмічаючи, що: «погіршення соціальних показників ще раз підтвердило, що система планового господарства переживає кризу" формулював, що «довготривала мета перехідного процесу – та, заради якої здійснюються економічні реформи в кожній країні: створення квітучої ринкової економіки, яка забезпечує стійке зростання рівня життя населення».

Однак, наступні дослідження констатували, що «низка економічних ускладнень, які відбувалися за часів переходу до ринку – втрата робочих місць, тривалі не виплати заробітної плати, гіперінфляція, яка знищила заощадження населення, руйнування діючої системи соціальної підтримки створила у багатьох людей відчуття уразливості, безсилля, неможливості планувати своє майбутнє. Досвід демонструє, що в деяких країнах бідність і нерівність в доходах досягли більш високих, раніше не прогнозованих рівнів»

Забезпечення соціального захисту населення, як найважливіша функція держави в перехідний період, повною мірою реалізована не була. Відбулося як різке скорочення особистих доходів переважної більшості населення, так і поява нових суспільних відносин, пов'язаних з соціальними боргами, на які держава мала обмежений вплив, особливо в часи максимуму платіжної кризи. Різні технології розбудови соціальної держави і подолання соціальних боргів

обмежувалися вкрай низьким економічним потенціалом. Вирішити соціальні конфлікти, викликані руйнівними впливами трансформації, могла ефективна державна соціальна система, зокрема спрямована на стимулювання особистих доходів та ліквідацію соціальних боргів – проблем, що остаточно не вирішені до цього часу.

Проаналізувавши основні концепції щодо пояснення соціальних боргів, зокрема, пов'язаних з: макроекономічними наслідками реформ; підвищенням гнучкості заробітної плати; дефіцитом грошей; рентоорієнтованою поведінкою роботодавців тощо, висунуто гіпотезу щодо економічного змісту соціальних боргів як компенсатора вад державної соціальної політики періоду трансформацій.

Запропоноване категоріальне визначення соціального боргу (СБ), під яким розуміються всі затримки особистих доходів за наступною формулою.

$$\text{СБ} = \text{приватний СБ} + \text{тривалий державний СБ} + \text{поточний державний СБ} + \text{інституціональний державний СБ}.$$

Статично доведено, що економічні реформи на першому етапі використовували негативну концепцію заробітної плати, що включала:

- 1) інфляційний механізм «стискування» особистих доходів;
- 2) занижену оплату праці;
- 3) порушення зв'язків між заробітною платою, освітою, кваліфікацією, якістю праці тощо;
- 4) ростом частки доходів, які не відносилися до оплати праці;
- 5) державною політикою, що вважала низьку оплату праці фактором національної конкурентноздатності.

Невиплати зарплат та інших видів соціальної широкої допомоги застосовувалися на другому етапі (табл. 1, рисунок 1).

За рахунок мобілізації доходів бюджету, спрямуванням їх на погашення соціальних боргів та широким застосуванням в цих цілях бартеру вдалося змінити динаміку боргів по зарплаті: з 2014 року активізувалася державна політика щодо зменшення обсягів соціальних боргів, вдалося «переламати» ситуацію (рисунок 2) та перейти до сучасного етапу, на якому соціальні борги скорочувалися, набувши хронічного характеру.

Таблиця 1 – Соціальна заборгованість (на кінець року, млн. грн./зміна за рік,%)

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
По заробітній платі	4189 –	5166 123,3	6519 126.2	6401 98,2	4928 77,0	2657 50,4	2548 93.1	2232 84,2	1111 49,8	960 86,4	806,4 84,0
Військовослужбовцям	208,0 –	233,0 11.9	466,0 у 2 р.	427,0 91,6	340,0 79,5	23,0 6,9	90,0 388,1	77,0 85,0	– –	– –	– –
Пенсіям	1154 –	1361 117,9	2013 148,0	1359 65,7	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –
Стипендіям	108,0 –	105,0 97,4	99,0 94.0	14,0 14,5	9,0 64,2	2,0 18,1	3,0 200,0	2,0 44,1	0,03 2,7	0,4 12 р.	0,2 50,0
Допомоги по безробіттю	10 –	17,0 170	26,0 160	18,0 68.5	– –	– –	– –	– –	– –	– –	– –
Потерпілим на виробництві	– –	– –	424 –	610 143,9	615 101	484 78,7	340 70.4	230 67,7	37,0 16,1	18,0 53,1	7,3 40.6
Коштів соц. страхування	192,0 –	232,0 120,9	269,0 116.2	221,0 82.1	168,0 75,8	105,0 62,4	80,0 76.5	64,0 79,7	17,0 26.6	11,0 36.3	5,5 50,0
Окремим видам соц. допомоги	20,1 –	23,1 114,9	27.6 119.7	43,8 у 1,6 р.	61,5 у 1.4 р.	15,2 у 2,5 р.	153.1 10,1 р.	– –	– –	– –	9,9 –
Усього заборгованість населенню	5881 –	7136 121.3	9845 138.0	9094 92.4	6121 67.3	3113 50.9	2981 95,8	2322 77,9	1165 50.2	989 84.9	829,3 83,9

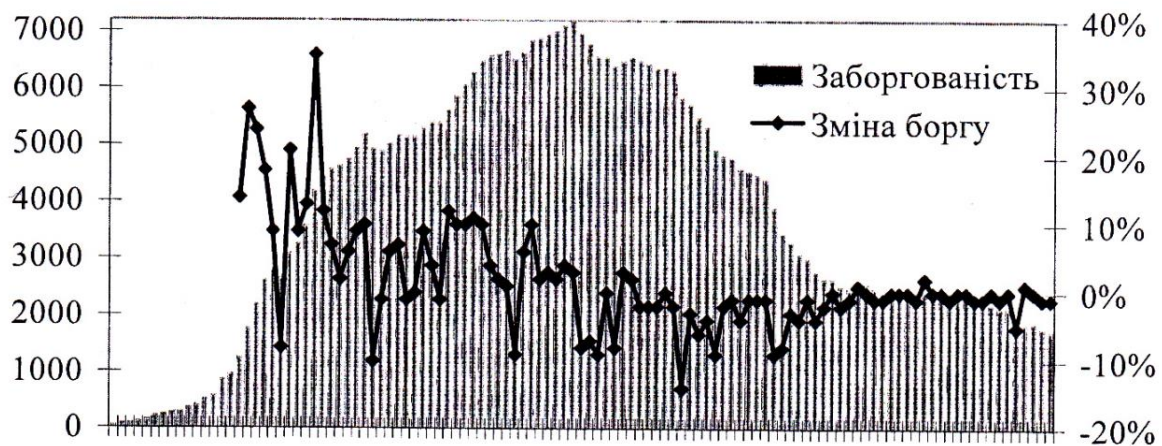


Рисунок 1 – Номінальна заборгованість по зарплаті та відносна зміна боргу

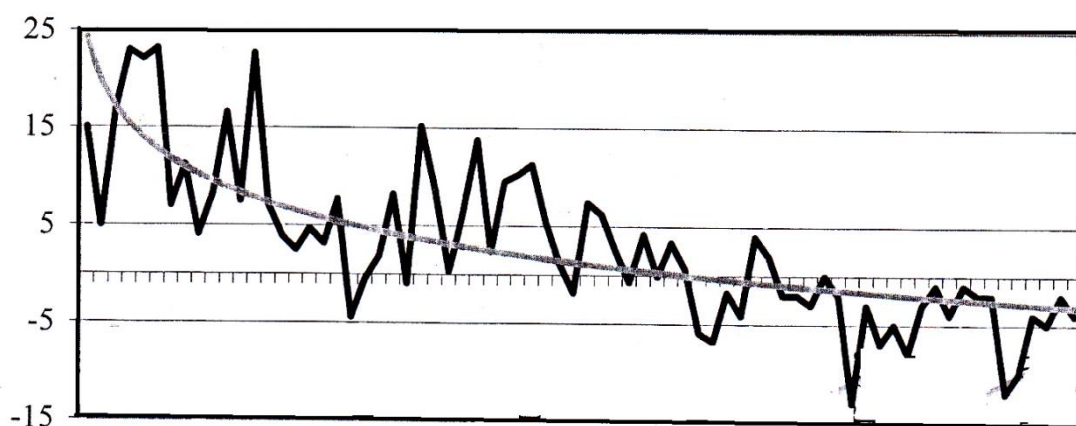


Рисунок 2 – Зміна заборгованості до виплаченої зарплати за 2006 – 2016 рр.

Розкриваються проблемні питання державної соціальної політики та особливості її застосування щодо оплати праці, заборгованостей з заробітної плати та інших соціальних виплат, розповсюдженню бартерних, взаємозалікових та сурогатних розрахунків з населенням на макроекономічному рівні, рівні окремих галузей та регіонів, пропонуються заходи щодо виходу з пастки соціальних боргів.

Так, розгляд зміни кредиторської та дебіторської заборгованості між українськими підприємствами протягом 2006-2016рр. (54 квартали) дозволив виявити три періоди боргових циклів. Спостерігаються мінімуми в останньому кварталі, а максимуми – в першому кварталі. Відбувається значне зменшення кредиторської та дебіторської заборгованості, існує два «екстремуми», коли приріст кредиторської заборгованості між підприємствами України майже дорівнював квартальному ВВП: перший у четвертому кварталі 2013 р., другий у першому кварталі 2014р.

Більшість досліджень розглядають платіжну кризу виключно як внутрішню економічну проблему. Водночас, протягом останніх років економіка України ставала дедалі все більш відкритою та залежною від зовнішньої торгівлі, що призводило до формування експортно-імпортного сегменту немонетарної економіки. Підтверджено авторську гіпотезу, що немонетарні розрахунки характерні також для зовнішньоекономічній діяльності підприємств, а динаміка цієї заборгованості має нелінійний характер.

Загальновизнаним є те, що трансформації мають свої особливості в кожній країні. Однак менш уваги приділяється тому, що у соціально-економічному просторі кожної країни, є регіони, які прискорено трансформуються, і навпаки є регіони, які реформуються повільно.

Загальновизнано, що від якості політичної підсистеми управління трансформаціями соціально-економічних систем країни, галузей і регіонів, як єдиної сукупності у значному ступені залежить ефективність реформ. Суб'єкт і об'єкт політики трансформацій повинні розвиватися збалансовано, гармонійно у тісному взаємозв'язку. В Україні та інших постсоціалістичних країнах накопичено значний практичний досвід трансформування, антикризового управління в умовах трансформаційного спаду, платіжної кризи та інших криз, пов'язаних с процесами системних перетворень.

Зазначене дозволило провести ретроспективний аналіз щодо формування політико-правових рамок умов системних трансформацій, виявити, роль яких факторів та заходів була позитивною для успіху, а яких – негативною. Проаналізовано засади державної політики трансформацій в цілому та сукупність організаційно-економічних заходів з подолання платіжної кризи в історичному контексті, розглянуто теоретичні підходи до обмеження їх негативних наслідків; правову базу антикризової стратегії.

Відмінності одержаних результатів дослідження від існуючих наукових напрацювань полягають в системності розв'язання проблем регіональних трансформацій в умовах платіжної кризи та інших специфічних трансформаційних криз, тобто у застосуванні теоретико-методологічної бази, що ґрунтується на гармонізації державної та регіональної політики трансформацій, дозволяє вдосконалити нормативну їх спрямованість за рахунок модернізації антикризового управління.

Висновки

1. Обґрунтована актуальність та практична затребуваність досліджень щодо модернізації державної політики забезпечення соціально-економічних трансформацій, показана недостатність теоретичної бази її антикризової складової в частині: а) врахування різних видів сучасних трансформацій, зокрема: від планової до ринкової економіки; від аграрно-індустріального до постіндустріального (інформаційного) суспільства/економіки; б) розуміння нестаціонарності соціально-економічних трансформацій, закономірним наслідком якої є кризові явища; в) цілісного уявлення щодо трансформацій країни, галузей і регіонів, що розглядаються як єдина сукупність. Зазначене потребує вдосконалення теорії транзитології, модернізації її понятійнокатегоріального апарату, розкриття сутності та змісту трансформацій

різних видів, визначення їх закономірностей та особливостей.

Доведено, що трансформації супроводжуються закономірними кризовими явищами, а невід'ємною складовою стратегій трансформацій повинна бути антикризова політика та протидія деструктивним кризам, що вимагає формування методологічного і методичного апарату досліджень кризових явищ.

2. Показана небезпека платіжної кризи, найважливішими рисами якої є: швидкість та масовість розповсюдження; соціально-економічна сутність, основою якої виступають невиконання розрахункових зобов'язань; наявність соціально-психологічних ефектів; залучення більшості економічних агентів; на початку – ознаки «фінансової піраміди»; ланцюговий характер взаємодії, стійкість. Для визначення суті платіжної кризи запропоновано авторську концепцію немонетарної економіки, ознакою якої є те, що в економічних операціях замість грошей тривало і масово використовується сукупність немонетарних розрахунків.

Література

1. Журавський В.С, Родіонов М.З. Україна на шляху до інформаційного суспільства – К.: ІВЦ «Видавництво, «Політехніка», 2004. –484 с.

2. Орлова В. Негрошові розрахунки бюджету : Бартерна економіка: negroшові операції в бюджетному секторі України / Під ред. Я. Ширмера. – К.: Гарвардський інститут міжнародного розвитку. Альтапрес, 2014. – С. 53-120.

3. Ширмер Я. Циклічні процеси немонетарної економіки : Україна: монетизація перехідної економіки / Під ред. Я. Ширмера. – К.: Гарвардський інститут міжнародного розвитку. Альтапрес, 2015. – С. 97-122.

Рецензенти:

Боняр С.М., д-р екон. наук, Київська державна академія водного транспорту.
Гречан А.П., д-р екон. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Boniar S.M., Dr. Econ. Sci., Kyiv State Academy of Water Transport.
Hrech A.P., Dr. Econ. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **16.06.2017 р.**

ТРАНСПОРТНІ СПОРУДИ

УДК 625.852

Онищенко А.М., канд. техн. наук

ПРАКТИЧНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ ДО КОЛІ НА ТРАНСПОРТНИХ СПОРУДАХ

Анотація. В статті наведені особливості з проектування зернових складів асфальтобетонних сумішей, а саме при: проектуванні оптимального зернового складу асфальтобетонної суміші; проектування зернового складу асфальтобетону підвищеної колієстійкості з оптимізацією за показником розрахункового строку служби; визначення показника стікання щебенево-мастикової суміші від термінів її зберігання і транспортування; контролюванні температури доставленої на об'єкт суміші в кузові транспортного засобу; контролюванні властивостей асфальтобетонної суміші при її укладанні та ущільненні.

Ключові слова: асфальтобетон, колієстійкість, проектування зернового складу, температура, транспортування, ущільнення.

УДК 625.852

Онищенко А.Н., канд. техн. наук

ПРАКТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ К КОЛЕЕ НА ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

Аннотация. В статье приведены особенности по проектированию зерновых составов асфальтобетонных смесей, а именно при: проектировании оптимального зернового состава асфальтобетонной смеси; проектирование зернового состава асфальтобетона повышенной колеестойкости с оптимизацией

по показателю расчетного срока службы; определение показателя стекания щебеночно-мастичной смеси от сроков ее хранения и транспортировки; контроле температуры доставленной на объект смеси в кузове транспортного средства; контроле свойств асфальтобетонной смеси при ее укладке и уплотнении.

Ключевые слова: асфальтобетон, колееустойкость, проектирование зернового состава, температура, транспортировка, уплотнение.

UDC 625.852

Onyschenko A., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.)

PRACTICAL METHODS OF IMPROVING ASPHALT CONCRETE COATING STABILITY TO COLLECTION TO TRANSPORTATION SPORTS

Abstract. In the article the peculiarities on designing grain compositions of asphalt-concrete mixtures are given, namely: designing the optimal grain composition of the asphalt-concrete mixture; Design of the grain composition of asphalt concrete of increased flakiness with optimization in terms of the estimated service life; Determination of the flow rate of the crushed-grained mixture from the time of its storage and transportation; Control of the temperature of the mixture delivered to the object in the body of the vehicle; Control of the properties of the asphalt-concrete mixture during its packing and compaction.

Key words: asphalt, rooting resistant, designing grain composition, temperature, transportyrovka, seal.

Вступ

При експлуатації асфальтобетонного покриття на автодорожніх мостах на його поверхні з'являються та накопичуються пластичні деформації у вигляді колії, зсувів та напливів, що пов'язано з недостатньою колієстійкістю покриття в умовах підвищених температур і слабого зчеплення між шарами асфальтобетонів та жорсткою основою мосту. Проблема недостатньої колієстійкості асфальтобетонного покриття підсилюється ще тим, що на автодорожніх мостах при високих температурах суттєво знижується модуль пружності асфальтобетону, а модуль пружності основи практично не

змінюється. Це призводить до концентрації напружень на контакті асфальтобетону з залізобетоном та значних горизонтальних зсувних деформацій. Крім того значна різниця коефіцієнтів лінійного температурного деформування покриття та основи мосту [1-3] часто призводить до відшаровування асфальтобетонного покриття від жорсткої основи мостового полотна при коливаннях температури. Тому результатами наукових досліджень є вирішення основної проблеми колієутворення у асфальтобетонному покритті на автодорожніх мостах, яка вирішується практичними методами.

Основна частина

Вимоги до зернових (гранулометричний) складів асфальтобетонної суміші. Зерновий склад мінеральної частини гарячих асфальтобетонних сумішей різних типів та видів рекомендується застосовувати з урахуванням дорожньо-кліматичного районування території України за умовами роботи асфальтобетонних покриттів та категорії автомобільних доріг та вимог [3-11]. Рекомендується застосовувати асфальтобетон з таким зерновим складом, що забезпечить підвищену колієстійкість. Для доріг I та II категорій рекомендується застосовувати асфальтобетон: - дрібнозернистий (для верхнього шару), щільний типу А або типу Б, I марки з максимальним розміром щебеню 15 мм (20 мм), згідно з [4, 8, 11, 12]; - щебенево-мастиковий асфальтобетон (ЩМА) з максимальним розміром щебеню 10 мм (15 мм) - для верхнього шару та 20 мм – для нижнього шару покриття згідно з [7, 12, 11]; – асфальтобетон литий (ЛА) «Гусасфальт» максимальним розміром щебеню 10 мм (15 мм) для верхнього шару та 15 мм – для нижнього шару згідно з [6, 12].

Вимоги до властивостей асфальтобетонної суміші та асфальтобетону. Асфальтобетони, які застосовуються в якості покриття на автодорожніх мостах автомобільних доріг в залежності від категорії та дорожньо - кліматичного районування, повинні відповідати вимогам до фізико-механічних властивостей згідно [4 - 8, 10 - 12] та вимогам таблиці 1.

Для доріг III категорії рекомендується застосовувати асфальтобетон: – дрібнозернистий (для верхнього шару), щільний, типу А або типу Б, I марки з максимальним розміром щебеню 10 мм (15 мм, 20 мм), згідно з [4, 8, 11, 12]; – щебенево-мастиковий асфальтобетон з максимальним розміром щебеню 10 мм (15 мм), згідно з [7, 11, 12]; – асфальтобетон литий аналогічно як для доріг I та II категорій. Для доріг IV - категорії рекомендується застосовувати асфальтобетон: – дрібнозернистий, щільний, типу Б та (або) типу В, I марки з максимальним

розміром щебеню 10 мм (15 мм), згідно з [4, 8, 11, 12]; – щебенево-мастиковий асфальтобетон з максимальним розміром щебеню 5 мм (10 мм), згідно з [7, 11, 12]; – литий асфальтобетон застосовують при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні.

Таблиця 1 – Вимоги до проектування зернового складу в залежності від технології ведення полімеру в асфальтобетону суміш

Вид асфальтобетону	Технологія виготовлення асфальтобетонних сумішей		Властивості перевіряються за вимогами	Вимоги	Категорія дороги
	бітум модифікований полімерами	при веденні полімеру в суміш			
1	2	3	4	5	6
Тип А, Тип Б	БМП 40/60-56, БМП60/90-52	ведення латексу в суміш у кількості 3-5% від маси бітуму	$R_{20} > R_{норм.}$	4,0	I, II
			$R_{50,} > R_{норм.}$	2,0	
			$K_{тр/вод} > K_{вим}$	0,9	
			$W_{min} < W < W_{max}$	2,0-3,5	
			$w_{50} < w_{норм.}$	5	
ЩМА	БМП 40/60-56, БМП60/90-52	Ведення в асфальтобетонну суміш латексу в кількості 3-5% від маси бітуму	$R_{min} < R_0 < R_{max}$	2,5-5,5	I, II
			$R_{50,} > R_{норм.}$	0,7	
			$R_{20} > R_{норм.}$	2,7	
			$W_{min} < W < W_{max}$	1,0-3,0	
			$w_{50} < w_{норм.}$	5	
			$E_p < E_{норм.}$	0,16	
ЛА	БМП 40/60-56, БМП60/90-52	-	$P_{min} < P_{завдов} < P_{max.}$	1,0-3,0	I, II
			$R_{50,} > R_{норм.}$	0,7	
			$R_{20} > R_{норм.}$	2,7	
			$\Pi_{з/п} < \Pi_{з/п}^{норм}$	2	
			$R_{min} < R_0 < R_{max}$	2,5-6,0	
			$w_{50} < w_{норм.}$	5	

Вимоги до проектування зернового складу асфальтобетонних сумішей для автомобільних доріг III-V повинні відповідати вимогам згідно [4 - 8, 10 - 12].

Показник однорідності асфальтобетонних сумішей необхідно оцінювати за коефіцієнтом варіації показника границі міцності на стиск асфальтобетону за температури 50 оС згідно з методикою [13]. Він не повинен перевищувати для асфальтобетонів: для автомобільних доріг I, II категорії – 15; для III, IV категорії – 18 [4, 5, 7 – 12, 14].

Для підвищення колієстійкості асфальтобетонного покриття доцільно використовувати полімерні і полімерно-армуючі добавки для модифікації асфальтобетонної суміші згідно з [11, 12].

Проектування складу асфальтобетону підвищеної колієстійкості.

Суть полягає у проектуванні зернового складу вихідних мінеральних компонентів асфальтобетону, а саме традиційного асфальтобетону [3, 4, 8, 10, 11], щебенево-мастикового асфальтобетону [7] та асфальтобетону литого «Гусасфальт» [10]), на бітумі нафтовому дорожньому [15] та бітумі модифікованому полімерами [9]. Дана методологія базується на експериментально-розрахункових методах та техніко-економічному обґрунтуванні при оптимізації зернового складу.

Для забезпечення оптимізації зернового складу при проектуванні асфальтобетону підвищеної колієстійкості для застосування на автодорожніх мостах пропонуються такі методи, а саме: - проектування зернового складу асфальтобетону на бітумі нафтовому дорожньому та бітумі модифікованому полімерами; проектування зернового складу асфальтобетону підвищеної колієстійкості з оптимізацією за показником розрахункового строку служби; встановлення марки за експлуатаційними характеристиками асфальтобетону; оцінка економічної ефективності асфальтобетону.

Проектування зернового складу асфальтобетону на бітумі нафтовому дорожньому або бітумі модифікованому полімерами. Проектування складу асфальтобетону, розпочинається з визначення зернового складу вихідних мінеральних компонентів.

Необхідно виконати підбір зернового складу асфальтобетонної суміші (контрольний склад), що найкраще відповідатиме вимогам [3, 4, 6 - 8]. Відповідно до рекомендацій [3, 4, 6 - 8] призначається або розраховується орієнтовне значення оптимальної кількості бітумного в'язучого $\tilde{B}_{opt}$ [3, 4, 6 - 8]. Бітумне в'язуче – це бітум нафтовий дорожній [15] або бітум дорожній, модифікований полімерами згідно [9]. Потім встановлюється кілька значень кількості в'язучого B (не менше п'яти) для лабораторного приготування асфальтобетонної суміші: $B_1 = \tilde{B}_{opt}$, $B_2 = \tilde{B}_{opt} - n$, $B_3 = \tilde{B}_{opt} - 2n$, $B_4 = \tilde{B}_{opt} + n$, $B_5 = \tilde{B}_{opt} + 2n$ і т.д. (n – зміна кількості в'язучого, що встановлюється в межах 0,3-0,5 %) [3, 10, 11].

Наступним етапом виготовляються проби асфальтобетонної суміші з призначеними кількостями бітумного в'язучого і формуються зразки циліндричної форми розмірами згідно [10, 13, 16, 17] для визначення таких

фізико-механічних властивостей з урахуванням табл. 7.1: водонасичення W ; R_{50} - границі міцності при стиску за температури 50 °C, 20 °C; R_0 - границі міцності при розколюванні за температури 0 °C; w - глибина колії; E_p - показник стікання; $P_{зл.вдав}$ - глибина вдавлювання штамп (можуть бути вибрані додатково і інші стандартні фізико-механічні характеристики). Після, чого будуються графіки залежностей $W = f(B)$, $R_{20} = f(B)$, $R_{50} = f(B)$, $R_0 = f(B)$, $w = f(B)$, $E_p = f(B)$, $P_{зл.вдав} = f(B)$ від кількості бітумного в'язучого. Отримані графічні залежності аналізуються з визначенням чітко вираженими максимумами. Однак, у випадках, коли не спостерігаються максимуми, то необхідно уточнити значення B і n та при їх значеннях отримати характеристики w , R_{50} , R_{20} , R_0 , та E_p , $P_{зл.вдав}$, w .

У результаті отриманих даних необхідно вибрати таку кількість бітумного в'язучого, при якій асфальтобетон найкраще відповідає за випробуваними показниками (W , R_{20}^{600} , R_{50} , $K_{МРЗ}$ та $K_{тр}$) вимогам нормативних документів [4, 6, 7, 8 10, 16, 17] та таблиці 1. Дана кількість бітумного в'язучого вважається оптимальною (B_{opt}). У випадках, коли асфальтобетон не задовольняє стандартним вимогам, необхідно внести корективи в склад, замінюючи компоненти асфальтобетону та змінюючи їх кількісне співвідношення до задоволення попередніх вимог.

Виконання досліджень потребує виготовлення відповідної кількості зразків для проведення досліджень по встановленню всіх стандартних характеристик асфальтобетону контрольного складу з оптимальною кількістю бітумного в'язучого B_{opt} .

Результати досліджень перевіряються відповідності вимогам існуючих нормативних документів [4, 6, 7, 8 10, 16, 17] та таблиці 1. У тому випадку, коли результати досліджень відповідають вимогам нормативних документів, можна вважати, що контрольний склад асфальтобетонної суміші є підібраним. Однак, якщо цей склад не задовольняє вимогам нормативних документів, то необхідно виконати корегуючі дії до отримання позитивних результатів. Зерновий склад асфальтобетонної суміші необхідно перевіряти з урахуванням часу її транспортування у зв'язку з тим, що із збільшенням часу транспортування суміш в кузові автомобіля починає розшаровуватись, це призводить до так званих процесів сегрегації [14]. Тому, необхідно відбирати асфальтобетонну суміш з

конкретного об'єкту де буде вона застосовуватись. Зерновий склад асфальтобетонної суміші перевіряється за вимогами [4, 6, 7,8 10, 16, 17]. Фізико-механічні властивості асфальтобетону. Показники фізико-механічних властивостей асфальтобетону повинні відповідати вимогам [4, 6, 7,8 10, 16, 17] та таблиці 1 з урахуванням відповідного часу транспортування асфальтобетонної суміші в кузові автомобіля.

Проектування зернового складу асфальтобетону підвищеної колієстійкості з оптимізацією за показником розрахункового строку служби.

Суть методу полягає у проектуванні гранулометричного складу асфальтобетону [142, 449 – 452, 504] (п. 7.1.4.1) з оптимізацією за показником розрахункового строку служби T_p^k , який базується на визначенні розрахункового строку служби асфальтобетону за критерієм показника стійкості до накопичення залишкових деформацій S_w при нормальних умовах експлуатації, яка базується на даних [17-20]. Даний метод визначення розрахункового строку служби асфальтобетону може бути використаний для встановлення залишкового строку служби асфальтобетонного покриття на стадії експлуатації за критерієм показника стійкості до накопичення залишкових деформацій S_w . За розрахунковий строк служби асфальтобетону T_p^k , який являє собою період часу безвідмовної роботи матеріалу покриття (без виникнення залишкових деформацій у вигляді колії) на протязі всього розрахункового строку служби, визначається за формулою:

$$T_p^k = ((K_y \cdot S_w^H) / (S_w \cdot N_p^{a/\Gamma} \cdot T_{50})) \cdot 10^2 \geq [T_{\text{проект}}], \quad (1)$$

де T_p^k – строк служби асфальтобетонного покриття за критерієм колієстійкості визначається у роках;

S_w^H – нормативне значення показника стійкості до накопичення залишкових деформацій (граничний показник), м·N визначається за формулою (2);

K_y – коефіцієнт умови руху транспортних засобів, для стиснених умов руху на автодорожніх мостах приймають 1,0;

S_w – величина інтегрального показника стійкості до накопичення залишкових деформацій $m \cdot N$, після одного циклу дії колісного навантаження при температурі 50 °C ;

$N_p^{a/\Gamma}$ – розрахункова інтенсивність руху в полосі транспортних засобів за годину, авт./год (для розрахунку приймали 190); визначається по результатами спостереження за конкретним автодорожнім мостом, а також відповідно методики, яка наведена в розділі 2 даної роботи;

$T_{\text{проект.}}$ – проектний строк служби асфальтобетонного покриття проїзної частини автодорожнього мосту, що становить 7 років;

T_{50} – кількість годин в році з температурою асфальтобетонного покриття 50 °C і вище, год/рік, визначається по даним метеостанції в кожному конкретному регіоні, при відсутності даних рекомендується приймати 200 год/рік.

$$S_w^H = w_H \cdot N_n, \quad (2)$$

де w_H – нормативне значення залишкової деформації, для розрахунків приймається 0,005 м;

N_n – кількість навантажень приймають для розрахунків 4000.

Величину S_w інтегрального показника стійкості до накопичення залишкових деформацій у асфальтобетонному зразку визначають за методикою [20]. Для визначення показника стійкості асфальтобетону до накопичення залишкових деформацій формують зразки згідно [20] або іншими методами. Товщина зразків повинна бути рівною проектній товщині верхнього шару покриття. Асфальтобетонні зразки плити випробовують на секторному пресі під дією огубленого колеса з еквівалентним навантаженням до розрахункового автомобіля 57,5 кН (тиск від колеса на зразок 0,8 МПа) при температурі 50 °C. Огумлене колесо у секторному пресі [20] здійснює зворотно-поступальний рух по випробувальній поверхні зразка - це вважається один циклом навантаження. Після завершення 250, 500, 1000, 2000, 4000, 6000, 8000, 10000, 15000, 20000 циклів навантаження вимірюється глибина колії в кожному зразку. Інтегральний

показника стійкості до накопичення залишкових деформацій асфальтобетону, після одного циклу дії колісного навантаження S_w , визначають за формулою:

$$S_w = \frac{w_2 \cdot N_2 - w_1 \cdot N_1}{N_2 - N_1} \cdot 0,001, \quad (3)$$

де N_1 – мінімальна кількість циклів навантаження колеса на зразок, приймається, рівне 4000;

N_2 – максимальна кількість циклів навантаження колеса на зразок, приймається, в нашому випадку рівне 10000 або 20000 циклів;

w_1 – залишкова деформація, яка утворилась в зразку, після мінімальної кількості циклів навантаження колеса, мм;

w_2 – залишкова деформація, яка утворилась в зразку, після максимальної кількості циклів навантаження колеса, мм.

Приклад обробки результатів випробувань п'яти зернових складів асфальтобетону, що представлено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Результати оцінки строк служби асфальтобетонного покриття за критерієм колієстійкості

Шифр	Розшифровка асфальтобетону	Максимальна величина колії W , мм		Розрахунк. строк служби покриття на автод. мостах, для автомоб. дороги I кат., роки
		після 4000 проходів колеса по зразку	після 10000 проходів колеса по зразку	
10.2-А-20-ЗВ	АСГ.Др.Щ.А-20 НП.І. (БНД 60/90 – 3 % Butonal NS 198 – 5,7 %)	3,0	4,1	11,0
11.5-Б-20-3К	АСГ.Др.Щ. Б-20 НП.І. (БНД 60/90 – 3 % Kraton D1101 – 6,0 %)	4,3	5,4	8,5
9.2-ЩМА-20-ЗВ	ЩМА-20 (БНД 60/90 – 3 % Butonal NS 198 – 6,2 %)	2,5	3,0	15,7
9.10-ЩМА-20-П	ЩМА-20 (Полігум – 5,9 %)	1,7	1,95	24,7
7.10-ЛА-15-П	Литий а/б ЛА-15 (Полігум – 8,0 %)	3,0	3,6	13,2

Стійкість до накопичення залишкових деформацій асфальтобетону.

Суть методики полягає оцінці колієстійкості асфальтобетону в залежності від часу транспортування в кузові автомобіля асфальтобетонної суміші на об'єкті.

Як відомо з практики [14] на дальність перевезення асфальтобетонної суміші впливають так звані процеси сегрегації [14], які призводять до погіршення показник стійкості до накопичення залишкових деформацій у вигляді колії. Тому необхідно відбирати асфальтобетонні суміші з даного об'єкту і в лабораторних умовах виготовляти зразки – плити та випробовувати на показник стійкості до накопичення залишкових деформацій $S_w^{експ}(t_p)$ при температурі 50 °С та еквівалентному розрахунковому навантаженні 57,5 кН на огумлене колесо при кількості проходів ($N=20000$) по одному сліду асфальтобетонного зразка-плити за методикою [14, 20]. Отримане значення необхідно оцінювати за показником колієстійкості асфальтобетону і перевіряють за умовою:

$$\Pi_{S_w} < 1, \quad (4)$$

де Π_{S_w} – коефіцієнт колієстійкості асфальтобетону, який визначається за залежністю (5).

Даний критерій (4) дозволяє оцінити колієстійкість асфальтобетону з урахуванням часу транспортування, якщо умова становить $\Pi_{S_w} > 1$ то такий асфальтобетон є не колієстійким, а покриття, яке влаштоване на даному автодорожньому мосту призведе до інтенсивного колієутворення від дії транспортних засобів та температури покриття понад 50 °С. Якщо умова становить $\Pi_{S_w} < 1$ то такий асфальтобетон є колієстійким і має підвищену довговічність. Рекомендовано для I, II категорії, значення не більше $\Pi_{S_w} = 0,8$.

$$\Pi_{S_w} = \frac{S_w^{експ}(t_p)}{S_w^H}, \quad (5)$$

де $S_w^{експ}$ – експериментальне значення інтегрального показника стійкості до накопичення залишкових деформацій у асфальтобетонних зразках, який залежить від часу транспортування і визначається за методикою [20];

S_w^H – нормативне значення інтегрального показника стійкості до накопичення залишкових деформацій у асфальтобетонних зразках приймається за залежністю (6)

$$S_w^H = w_H \cdot N_K \quad (6)$$

N_K – кількість проходів навантаження після, яких знімається залишкова деформація за методикою [20] і приймається 10000.

Запропонований критерій (4) дозволить контролювати асфальтобетонну суміш на всіх об'єкта автодорожніх мостів за показником колієстійкості. Для забезпечення умови (4) необхідно забезпечувати однорідність суміші та температури за рахунок застосування перевантажувачів. Дана методика є ефективною для асфальтобетонів з вмістом щебеню понад 50%.

Визначення показника розшарування щебенево-мастикової суміші від термінів її зберігання і транспортування дозволить подовжити терміни служби покриття з щебенево-мастикового асфальтобетону на мостах завдяки усуненню таких дефектів, як бітумні плями, залишкові деформації у вигляді колії, зсуви, викришування, лущення і, як наслідок, збільшити міжремонтні терміни, що забезпечить значну економію фінансових і матеріальних ресурсів.

При влаштуванні покриття із щебенево-мастикової асфальтобетонної суміші (ЩМАС) на мосту з метою забезпечення її однорідності, відстань та час транспортування повинні бути обмежені. Потрібно дотримуватись вимог до показника стікання E_p ЩМАС [3, 6, 14, 21] в залежності від часу транспортування за залежністю:

$$E_p(t_{Tp}) \leq E_{дон}(t_{Tp}), \quad (7)$$

де E_p – розрахунковий показник стікання, який залежить від часу транспортування ЩМАС і визначається за методикою [3, 6, 14, 21];

$E_{дон}(t_{Tp})$ – допустимий показник стікання, який приймають в залежності від часу транспортування в кузові автомобіля і визначається за експоненційною ($R^2=0,95$) залежністю

$$E_{дон}(t_{Tp}) = B \cdot e^{-b \cdot t_{Tp}} \cdot \Delta_{накоп} \quad (8)$$

B – нормативний показник стікання в'язучого з ЩМАС не повинен бути більший ніж 0,20 % за масою [14];

b – коефіцієнти показника стікання, ($b = 0,005$);

t_{Tp} – час транспортування суміші, хв;

$\Delta_{накоп}$ – коефіцієнт, який враховує час зберігання суміші в накопичувальному бункері на асфальтобетонному заводі, що рівний 1 при часі зберігання до 30 хв., а 0,8 при часі зберігання понад 30 хв.

Для забезпечення однорідності суміші за показником стікання, а саме методом статистичної обробки значень показника стікання в'язучого щебенево-мастикової асфальтобетонної суміші, який повинен бути не більше за нормативний показник стікання в'язучого B відповідно до [14]. Для цього відбирають 10 локальних проб сумішей в окремих місцях кузова автосамоскида вагою від 2 кг до 3 кг кожна.

Перед укладанням кожен автомобіль з асфальтобетонною сумішшю проходить візуальний контроль якості, де оцінюють рівномірність розподілу мінеральних частинок та в'язучого і колір. Додатково до цього, під час вивантаження, візуально оцінюють рухливість суміші, розшарування (за наявністю згустків в'язучого та його прилипання до кузова), а також її зручноукладальність при влаштуванні [3, 6].

Контроль температури асфальтобетонної суміші проводиться відповідно до методики [3, 6]. Середня температура ЩМАС у кузові автомобіля, в залежності від виду в'язучого, повинна бути не менше ніж мінімально допустиме значення температури на початку укладання даної суміші [3, 6, 14].

Зберігати та транспортувати модифіковані ЩМАС слід таким же чином як і традиційні асфальтобетонні суміші [3, 4, 6].

Контролювання температури доставленої на об'єкт суміші в кузові транспортного засобу. Перед завантаженням асфальтобетонної суміші в бункер асфальтоукладальника, потрібно перевірити її температуру. При перевірці температури асфальтобетонної суміші використовують: переносні контактні вимірювачі (термометри) зі щупами довжиною від 25 до 50 см для вимірювання температури всередині (ядрі) асфальтобетонної суміші; · безконтактні термометри для вимірювання температури на поверхні. Вимірювання температури проводиться в точках верхнього, середнього та нижнього поясів, а також в ядрі. Точки верхнього поясу знаходяться на поверхні асфальтобетонної суміші в кузові автомобіля, точки середнього поясу знаходяться на глибині 20 см від поверхні асфальтобетонної суміші, точки нижнього поясу знаходяться на

глибині 50 см. Температура асфальтобетонної суміші в кузові автомобіля орієнтовно визначається за формулою:

$$T = \frac{T_{\Pi} + T_{Я}}{2}, \quad (9)$$

де T_{Π} – температура на поверхні – середнє арифметичне значення температур в точках верхнього та середнього поясів (точки верхнього поясу знаходяться на поверхні, точки середнього поясу – на глибині 20 см);

$T_{Я}$ – температура ядра – середнє арифметичне значення температур в точках [3, 10] 25 нижнього поясу (в межах ядра, на глибині 50 см).

Завантаження асфальтобетонної суміші в бункер асфальтоукладальника дозволяється, якщо виконується умова:

$$T \geq T_{\text{поч.ущ}} \quad (10)$$

де T – температура асфальтобетонної суміші в кузові автомобіля;

$T_{\text{поч.ущ}}$ – температура початку ущільнення асфальтобетонної суміші.

Якщо умова $T \leq T_{\text{поч.ущ}}$ не виконується, то суміш бракується.

Контролювання властивостей асфальтобетонної суміші при її укладанні та ущільненні. Під час укладання асфальтобетонної суміші контролюється неперервність і синхронність процесу влаштування шару. Ущільнення необхідно виконувати відразу після вкладання. Під час ущільнення контролюється температура його завершення. Ця температура встановлюється окремо для кожної суміші на основі визначення коефіцієнту ущільнення $K_{\text{ущ}}$ зразків асфальтобетону, виготовлених із даної суміші в залежності від температури. За температуру завершення ущільнення приймається така температура, при якій досягається коефіцієнт ущільнення не менше нормативного значення (0,98).

Для встановлення температур, при яких асфальтобетонна суміш може бути ущільнена до необхідного рівня за коефіцієнтом ущільнення не менше мінімально допустимого значення згідно [3, 10], слід використовувати методику ущільнення асфальтобетонної суміші за допомогою лабораторного секторного

пресу згідно [2, 20]. Запроектowana асфальтобетонна суміш розігрівається до відповідних температур і ущільнюється на секторному пресі [2, 20]. Отримані зразки, що ущільнені при різних температурах, в орієнтовному діапазоні від 80 °C до 180 °C використовуються для визначення щільності та коефіцієнта ущільнення.

На основі цих даних будують графічну залежність коефіцієнту ущільнення асфальтобетону від його температури ущільнення $K_{уц} = f(T)$. За допомогою побудованої графічної залежності за схемою, що наведено в роботі [3, 10], встановлюють значення температури закінчення ущільнення $T_{уц}^{зак}$ та значення максимально допустимої температури ущільнення $T_{уц}^{max}$ і робочого діапазону температур при ущільненні: $T_{уц}^{max} - T_{уц}^{зак}$

Мінімально допустиме значення коефіцієнта ущільнення асфальтобетону визначається за формулою:

$$[T]_{min}^{доп} = T_{уц}^{зак} + \Delta T, \quad (11)$$

де $[T]_{min}^{доп}$ – мінімально допустима температура початку укладання;

$T_{уц}^{зак}$ – мінімально допустима температура закінчення ущільнення, визначається за експериментальною залежністю $k_{уц} = f(T)$ згідно методики, наведеної [10];

ΔT – температурний інтервал, що забезпечує можливість укладання і ущільнення асфальтобетону до його охолодження нижче $T_{уц}^{зак}$

При цьому температура асфальтобетонної суміші не повинна перевищувати її максимально допустиме значення для кожного конкретного виду в'язучого згідно з [4, 15] та не повинна бути більше максимально допустимого свого значення при ущільненні, що визначається за методикою [3, 4, 15].

Для зменшення втрат тепла асфальтобетонною сумішшю під час транспортування слід застосовувати великовантажні автомобілі вантажопідйомністю 25-40 тон з кузовами, що підігріваються газами двигунів, повітряним або масляним прошарком кузова, а також обов'язковим укриттям гарячої суміші тентами. При цьому для збереження температури асфальтобетонної суміші на автосамоскидах необхідно влаштовувати

повітряний прошарок між тентом та поверхнею суміші. Рух автомобільного транспорту при транспортуванні асфальтобетонної суміші необхідно організувати таким чином, щоб забезпечити безперервну роботу бригади з укладання суміші. Укладання асфальтобетонної суміші рекомендується виконувати асфальтоукладальниками, що обладнані подвійним трамбуєчим брусом та вигладжуючою віброплитою або трамбуєчим брусом, вигладжуючою віброплитою та гідравлічними пресувальними планками. Контроль якості ущільнення асфальтобетонних сумішей і якості асфальтобетону у покритті здійснюється шляхом відбору трьох кернів або вирубок з покриття, що передбачений [13], та їх випробовування [3, 4, 15].

У процесі випробування визначають: середню густину та водонасичення зразків-кернів або зразків, відокремлених від вирубки; середню густину, водонасичення, границю міцності при стиску за [3, 4, 15] температури 20 °С, коефіцієнт довготривалої водостійкості зразків, переформованих у лабораторії, показником колієстійкості за умовою (4).

Висновки

1. Запропоновані особливості з проектування зернових складів асфальтобетонів з урахуванням показника стійкості до колієутворення.
2. В перше запропоновано проектувати зерновий склад асфальтобетону підвищеної стійкості до колієутворення з оптимізацією за показником розрахункового строку служби.
3. Пропонується метод оцінки однорідності від часу транспортування асфальтобетонної суміші в кузові автомобіля на об'єкт за показником стійкості до колії в асфальтобетоні.
4. Уточнено вимогу показника стікання у щебенево-мастиковій асфальтобетонній суміші за рахунок термінів її зберігання і транспортування.
5. З метою підвищення стійкості асфальтобетону до колії необхідно контролювати температуру доставленої на об'єкт суміші в кузові транспортного засобу та властивостей асфальтобетонної суміші при її укладанні та ущільненні.

Література

1. Овчинников И.Г. Выбор оптимального решения конструкции дорожной одежды и технологии ее устройства на объектах мостового перехода у села Пристанное Саратовской области [Текст] / И. Г. Овчинников, В. Н. Макаров, О. Н. Распоров // Дороги России XXI века. - 2004. - № 2. - С. 66-72.

2. Мозговой В.В. Экспериментальная оценка устойчивости асфальтобетонного покрытия к образованию колеиности/ В.В. Мозговой, А.Н. Онищенко, О.В. Прудкий и др.// Дорожная техника. Санкт-Петербург-2010.С.114-128.

3. Онищенко А.М. Теоретичні та практичні дослідження ресурсу асфальтобетонного покриття на залізобетонних транспортних спорудах: Монографія / Онищенко А.М., Кузьмінець М.П., Невінгловський В.Ф., Гаркуша М.В. - К.: НТУ, 2015.-334 с.

4. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови : ДСТУ Б В.2.7-119-2011. – [2012-10-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 37 с.

5. Рекомендації щодо підвищення колієстійкості асфальтобетонного покриття Р В.2.3-218-21476215-795:2011/ Укравтодор. – Офіц. вид. – К.: Укравтодор, 2011. – 42 с. – (Нормативний документ Укравтодору).

6. ТУ У В.2.7-23.9-37566239-001:2012. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон литі «Гусасфальт». Технічні умови.

7. Будівельні матеріали. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон щебенево-мастикові. Технічні умови : ДСТУ Б В.2.7-127:2015. – [Чинний від 2016-07-01]. – К.: Мінбуд України, 2015. – 28 с. – (Національний стандарт України).

8. Будівельні матеріали. Асфальтобетонні суміші та асфальтобетон на основі модифікованих полімерами бітумів : СОУ 45.2-00018112-057:2010 / Укравтодор. – Офіц. вид. – К.: Укравтодор, 2010. – 21 с. – (Нормативний документ Укравтодору).

9. Будівельні матеріали. Бітуми дорожні, модифіковані полімерами. Технічні умови : ДСТУ Б В.2.7-135:2014. – [Чинний від 2015-04-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2014. – 23 с. – (Національний стандарт України).

10. Влаштування асфальтобетонних шарів дорожнього одягу при низьких температурах : ГБН В.2.3-218-547:2010 / Укравтодор. – Офіц. вид. – К.: Укравтодор, 2011. – 22 с. – (Нормативний документ Укравтодору).

11. Р. В.2.3-218-21476215- 222 :2011 рекомендації щодо застосування асфальтобетонних сумішей, армованих мікрОВОлокнами.

12. Рекомендації з підвищення зсувостійкості асфальтобетонного покриття на бетонних та залізобетонних основах : Р В.2.3-218-02070915-797:2011/ Укравтодор. – Офіц. вид. – К.: Укравтодор, 2012. – 14 с. – (Нормативний документ Укравтодору).

13. ДСТУ Б В.2.7-XXX-2016 «Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Методи випробувань».

14. Радовский Б.С. Сегрегация асфальтобетонных смесей и методы борьбы с ней в США // Дорожная техника. Каталог-справочник. – 2007. – С. 26-40.
15. Бітуми нафтові дорожні в'язкі. Технічні умови : ДСТУ 4044–2001. – [Чинний від 2002–01–01]. – К.: Держстандрт України, 2001. – 15 с. – (Національний стандарт України).
16. Будівельні матеріали. Суміші асфальтобетонні та асфальтобетон литі. Технічні умови : СОУ 42.1–37641918–106:2013. / Укравтодор. – Офіц. вид. – К.: Укравтодор, 2013. – 14 с. – (Нормативний документ Укравтодору).
17. ДМД 02191.2.051-2012 Рекомендации по подбору состава асфальтобетонных смесей по асфальтовяжущему.
18. С.Е. Кравченко Особенности применения модифицирующих добавок при проектировании состава асфальтобетона / С.Е. Кравченко, Д.Г. Игошкин// Сборник статей и докладов ежегодной научной сессии Ассоциации исследователей асфальтобетона. М.: МАДИ, 20132. – 150-160 с.
19. Неволін Д.Г. Технология обеспечения автодорог на основе битумно-полимерных материалов : монографія / Д.Г. Неволин, Вл.Е. Кошкарів, Вас.Е. . Кошкарів. – Екатеринбург: УрГУПС, 2015.-135, с.
20. Асфальтобетон дорожній. Метод випробування на стійкість до накопичення залишкових деформацій : СОУ 45.2–00018112–020:2007 / Укравтодор. – Офіц. вид. – К.: Укравтодор, 2008. – 13 с. – (Нормативний документ Укравтодору).
21. Мозговий В.В. Підвищення однорідності щебенево-мастикової асфальтобетонної суміші / Мозговий В.В., Баран С.А., Ольховий Б.Ю.//Автомобільні дороги і дорожнє будівництво/ Вип. 96. – 2016. –С. 33-42.

Рецензенти:

Савенко В.Я., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.
Марчук О.В., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Savenko V, Ya., Dr. Tech. Sci., National Transport University.
Marchuk A.V., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **04.06.2017 р.**

УДК 625.7/.8

Савенко В. Я, докт. техн. наук, Дахуа Л.

ВИЗНАЧЕННЯ НАЙБІЛЬШ ЕФЕКТИВНОГО МЕТОДУ РОЗРАХУНКУ СТІЙКОСТІ УКОСІВ

Анотація: В статті наведені основні положення та порівняння існуючих методів розрахунку стійкості укосів з використанням чисельного моделювання. Порівняльним аналізом встановлено переваги використання кожного методу.

Ключові слова: метод граничної рівноваги, метод зниження міцності, метод кінцевих елементів, стійкість укосів.

УДК 625.7/.8

Савенко В. Я, докт. техн. наук, Дахуа Л.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНОГО МЕТОДА РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ

Аннотация: В статье приведены основные положения и сравнение существующих методов расчета устойчивости откосов с использованием численного моделирования. Сравнительным анализом установлены преимущества использования каждого метода.

Ключевые слова: метод предельного равновесия, метод снижения прочности, метод конечных элементов, устойчивость откосов.

UDC 625.7/.8

Savenko V., Dr. Tech. Sci., Dahua L.

DEFINITION OF THE MOST EFFECTIVE METHOD OF CALCULATION SLOPE STABILITY

Abstract: The article presents the main provisions and comparison of existing methods for calculating slope stability using numerical simulation. Comparative analysis has established the advantages of using different methods.

Key words: maximum equilibrium method, method of strength reduction, finite element method, stability of slopes.

Постановка задачі. Неблагоприятные погодные условия приводят к быстрой деформации и разрушению земляных сооружений. Откосы, насыпи и склоны перестают соответствовать требованиям безопасности и могут представлять угрозу для людей, транспортных средств и жилых построек из-за риска возникновения оползней и обвалов. Основу обеспечения устойчивости грунтовых сооружений составляет адекватно и качественно выполненный расчет их укрепления. Выбор методики расчета влияет на получение конечного результата.

Изложение основного материала. Основными методами расчета для оценки устойчивости откоса являются: метод предельного равновесия, метод снижения прочности и метод конечных элементов.

Метод предельного равновесия. В строительной практике для определения устойчивости грунтового сооружения или склонов, как правило, используются методы предельного равновесия, разработанные такими авторами как Шахунянц, Маслов, Терцаги, Бишоп, Моргенштерн, Спенсер и многими другими [1-6]. Для выявления истинного запаса несущей способности конструкции необходимо производить расчет с учетом упругопластических деформаций. Однако сложность аппарата теории пластичности не позволяет решать широкий круг очень важных инженерных задач. Поэтому, метод расчета конструкций по предельным состояниям, по сравнению с упругим расчетом, является важным этапом для оценки истинных запасов прочности конструкции. Однако, в тех случаях, когда необходимо определить только несущую способность конструкции Метод предельного равновесия является очень эффективным и имеет важное практическое значение. Расчет по методу предельного равновесия позволяет, как уже известно, вскрыть резервы прочности конструкций за счет учета пластических и других неупругих свойств материалов. В расчетной модели принимается ряд допущений и рекомендации по выбору методов расчета коэффициента устойчивости склона и оползневого давления:

- используется гипотеза твердого тела;
- допускается определенная форма поверхности скольжения;
- напряжения заменяются силами;
- принимаются допущения о давлении грунтовых вод и сейсмичности.

Общая последовательность применения методов предельного равновесия такова, что сначала задаются поверхностью скольжения, после чего путем итераций определяется положение критической поверхности скольжения с минимальным значением коэффициента устойчивости. Как следует из приведенной последовательности, недостатком этого подхода является то, что поверхность скольжения задается до начала расчета. Как правило, решение о возможной форме поверхности скольжения принимается на основе расчетов по круглоцилиндрическим, или по полигональным поверхностям скольжения [7], однако существуют такие программы, в которых поверхность скольжения может быть комбинированной или задана логарифмической спиралью (GenID32, Slide). Таким образом, исходя из необходимости охватить как можно больше встречающихся на практике случаев (разнородное геологическое строение, наличие грунтовых вод, сейсмические воздействия и пр.) методы предельного равновесия имеют много допущений и упрощений, но при этом позволяют получать достаточные для практики результаты в случае наличия инженерно-геологических условий средней степени сложности.

В этом методе предполагается, что поверхность скольжения считается круговой, с радиусом r и центром O (рис.1). Масса ($ABCD$) грунта над поверхностью разрушения (AC) делится на ряд вертикальных плоскостей отрезком шириной b . Основание каждого отрезка предполагается прямой. Для каждого отрезка, наклон основания относительно горизонтальной плоскости равен α , высота до центра h . Анализ основан на расчёте коэффициента безопасности F .

$$F = \frac{\tau_f}{\tau_m} \quad (1)$$

Из условия равновесия моментов относительно точки O , рассчитывают значение F :

$$F = \frac{\sum (c' + \sigma' \tan \varphi') l}{\sum W \sin \alpha} = \frac{\sum (c' l + N' \tan \varphi')}{\sum W \sin \alpha}. \quad (2)$$

Критерий Мора-Кулона записывается в условиях прочности:

$$T = \frac{1}{F} (c' l + N' \tan \varphi'). \quad (3)$$

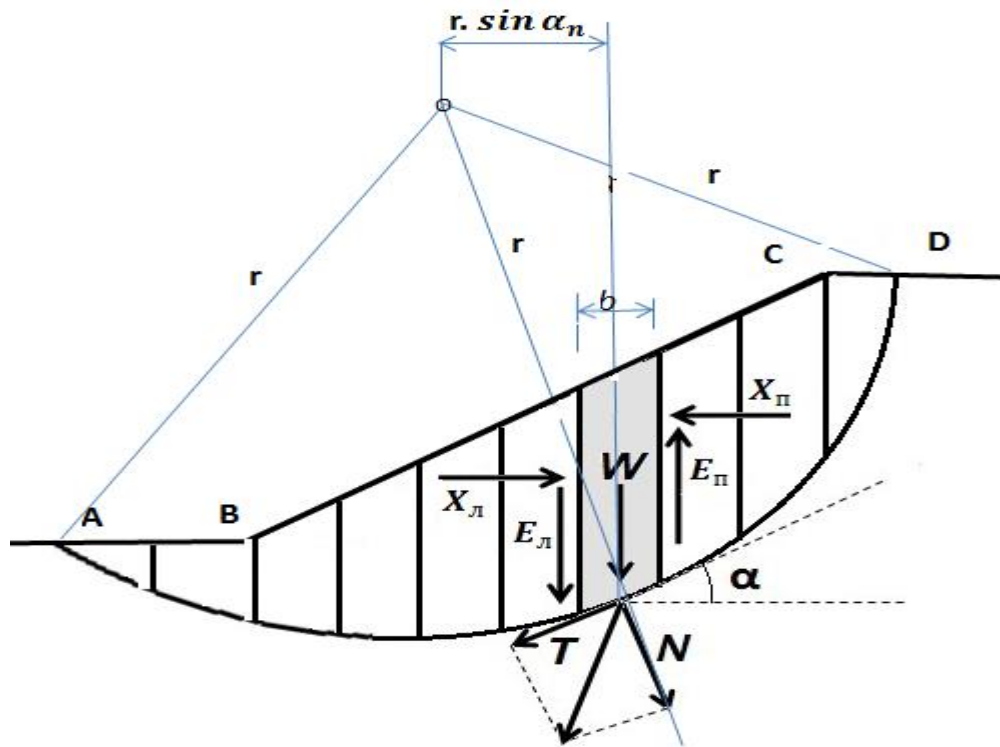


Рисунок 1 – Схема расчета откоса, разделенного на блоки.

Процедура Бишопа оценивает N' , предполагая, что силы, действующие на отсек (слева и справа) уравновешены, поэтому $X_1 - X_2 = 0$. Но $E_1 - E_2 \neq 0$.

Проекция сил на ось Y позволяет записать уравнение в таком виде:

$$W = N' \cos \alpha + ul \cos \alpha + \frac{c'l}{F} \sin \alpha + \frac{N'}{F} \tan \varphi' \sin \alpha. \quad (4)$$

Соединим уравнения (2) и (4) и, после нескольких преобразований, приходим к формуле метода Бишопа [4], F – является уравнением Бишопа в случае армирования откосов.

$$F = \frac{1}{\sum W \sin \alpha} \left[\sum \frac{c'l \cos \alpha + (W - ul \cos \alpha) \tan \varphi'}{\left[\cos \alpha + \left(\frac{\tan \varphi' \sin \alpha}{F} \right) \right]} \right]. \quad (5)$$

Эти нелинейные уравнения требуют итеративного процесса (F -присутствует в обеих частях). Программирование с помощью компьютера позволяет найти быстрое решение после нескольких циклов. Существует еще

один метод Бишопа (более точный) оправдывает все уравнения равновесия, но отклонение между точной и упрощенной версией не превышает 1%.

Для облегчения проектирования и расчетов на основе методов предельного равновесия существует ряд программ (Geo Studio, Slide и другие). Сложностью использования этих программ является отсутствие информации и документов с четким указанием применяемых методов расчета устойчивости.

Р.Р. Чугаев выделил всего четыре способа, отличающиеся своей оригинальной системой сил, действующих на отсеки (это связано с невозможностью рассчитать статически неопределимую систему, образованную рядом твердых отсеков-столбиков, стоящих на дуге обрушения, пользуясь только тремя уравнениями статики): Свена-Гультена, Феллениуса, Крея, Терцаги. Методы (Бишопа, Маслова, Шахунянца и др.) касаются главным образом только техники расчетов или учета тех или иных дополнительных усложняющих элементов, при этом такого рода предложения не затрагивают существо самих силовых схем, положенных в основу расчета [7].

Методы расчета делятся по механизмам: методы равновесия моментов (методы Феллениуса, Бишопа), методы равновесия сил (методы Шахунянца, Крея, Маслова-Берера) и методы равновесия моментов и сил (методы Янбу, Моргенштейна и Прайса, Спенсера). Если судить по критерию максимального учета сил, действующих на отсек, то такие методы как Моргенштейн-Прайс и Спенсер являются наиболее достоверными [8].

Метод Моргенштейна и Прайса. Определяют функцию, описывающую наклон взаимосвязанных усилий между отрезками, этот метод представляет математическую функцию для отображения изменений в направлении сил между отрезки:

$$\tan \theta_i = \frac{X}{E} = \lambda f(x'_i), \quad (6)$$

где θ_i - угол между равнодействующим и горизонтальной силой; λ – постоянная, которая должна быть оценена для расчета коэффициента безопасности; $f(x'_i)$ - это функция для переменных по сравнению с расстоянием вдоль поверхности скольжения, x'_i - является линейной нормализацией координат x , равной нулю и π .

Этот метод соответствует всем условиям статического равновесия для каждого отрезка и также равновесия моментов сил в горизонтальном

направлении, для всей массы, которая скользит по поверхности круговой или некруговой. На рисунке 2 представлены силы, действующие на отрезок. Для обеспечения равновесия сил каждого разреза равнодействующая сил (Q_i) между разрезами (Z_i, Z_{i+1}) запишется:

$$Q_i = \frac{\frac{c' \cdot b \cdot \sec \alpha}{F} + \frac{\tan \varphi'}{F} \left(\begin{array}{l} W \cdot \cos \alpha - W \cdot a_p \cos \alpha - W \cdot a_h \sin \alpha - \\ u \cdot b \cdot \sec \alpha + q_c \cdot b \cdot \cos \alpha \\ - W \cdot \sin \alpha + W \cdot a_p \cdot \sin \alpha + W \cdot a_h \cdot \cos \alpha - q_c \cdot b \cdot \sin \alpha \end{array} \right)}{\cos(\alpha - \theta_i) \cdot (1 + \tan(\alpha - \theta_i) \cdot \frac{\tan \varphi'}{F}} \quad (7)$$

Равновесие моментов каждого разреза берется относительно точки Е, (показана на рисунке 2), что позволяет найти точку приложения равнодействующей:

$$\sum M = Q \cdot \cos \theta_i \cdot h_Q - W \cdot a_h \cdot h_G = 0. \quad (8)$$

Ордината точки приложения равнодействующей (Q_i) к глобальной оси будет:

$$Y_{qi} = Y_{ei} + h_Q. \quad (9)$$

Равновесия силы всей скользящей массы дает:

$$\sum(Q_i \cdot \cos \theta_i) = 0 ; \quad \sum(Q_i \cdot \sin \theta_i) = 0. \quad (10)$$

Общее равновесие моментов относительно начала координат ($x = 0, y = 0$):

$$\sum M = \sum(Q_i \cdot \cos \theta_i \cdot Y_{qi} + Q_i \cdot \sin \theta_i \cdot X_{qi}) = 0. \quad (11)$$

Для нахождения двух неизвестных F и λ , решаем предыдущие уравнения, соблюдая следующую алгебраическую теорию:

$$|\sum M| + |\sum(Q_i \cdot \cos \theta_i \cdot h_Q)| = |\sum(Q_i \cdot \cos \theta_i \cdot Y_{qi} + Q_i \cdot \sin \theta_i \cdot X_{qi})| + |\sum(Q_i \cdot \cos \theta_i \cdot h_Q)| = 0. \quad (12)$$

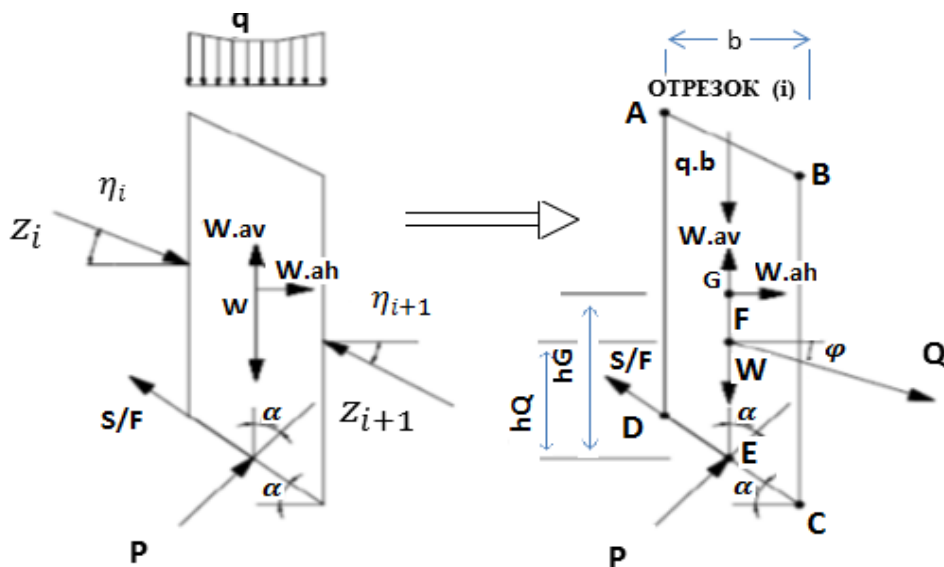


Рисунок 2 – действующие силы на отрезок согласно упрощенного метода Моргенштерна и Прайса

Общая оценка результатов расчета выглядит следующим образом: методы Г. М. Шахунянца, А. Бишопа, Н. Янбу считаются консервативными, следовательно, занижают устойчивость и применяются для проверки устойчивости относительно состояния предельного равновесия ($K_{уст}=1$); методы Н. Моргенштейна, В. Прайса и Е. Спенсера, а также метод General Limit Equilibrium дают наиболее точный результат, который сравнивают с коэффициентом устойчивости; Методы В. Феллениуса и Янбу подходят в современных мощных программах по расчету устойчивости, но результаты дают очень большое занижение устойчивости, а часто не являются достоверными.

Метод снижения прочности. Способом определения устойчивости, лишенным описанных недостатков, является метод снижения прочности. Согласно положенному в основу метода принципу, поверхность скольжения определяется в ходе расчета автоматически и позволяет в программах, использующих этот метод, учитывать наличие геосинтетических прослоек [8,9]. Из положений механики грунтов известно, что напряженное состояние в какой-либо точке грунта рассматривается как предельное в том случае, когда незначительное добавочное воздействие нарушает равновесие и приводит грунт в неустойчивое состояние. Разрушение грунта происходит в результате преодоления внутренних сил трения и сцепления между частицами по определенным поверхностям скольжения.

В общем виде устойчивость сооружения определяется коэффициентом безопасности, представляющим собой отношение максимально возможной прочности грунта $\tau_{\text{пред}}$ к минимальному значению, необходимому для обеспечения равновесия $\tau_{\text{действ}}$:

$$\text{коэффициент безопасности} = \frac{\tau_{\text{пред}}}{\tau_{\text{действ}}} \quad (13)$$

Если формулу (13) представить в виде стандартного условия Кулона, то она примет вид:

$$\text{коэффициент безопасности} = \frac{\sigma_n \cdot \tan \varphi' + c'}{\sigma_n \cdot \tan \varphi_r + c_r} = K_{\text{уст}}, \quad (14)$$

где c' и φ' – сниженные исходные параметры прочности и σ_n – фактическое нормальное напряжение; c_r и φ_r – параметры прочности, сниженные в ходе расчета до минимальных значений, достаточных для поддержания равновесия.

Метод снижения прочности реализован в программах, работающих на основе метода конечных элементов и конечных разностей (Plaxis8, GEO5, Phase2, FLAC). Прогноз разрушения осуществляется путем одновременного понижения обоих показателей прочности на сдвиг:

$$c_r = \frac{c}{K_{\text{уст}}}, \quad \varphi_r = \frac{\varphi}{K_{\text{уст}}}, \quad (15)$$

где $K_{\text{уст}}$ – коэффициент снижения прочности, соответствующий коэффициенту устойчивости в момент разрушения.

Последовательность расчета следующая: коэффициенту снижения прочности ($K_{\text{уст}}$) присваивается значение $K_{\text{уст}}=1$. В ходе расчета $K_{\text{уст}}$ увеличивается, при этом на каждом этапе до наступления разрушения оцениваются сопротивление сдвигу и деформация. Результаты вычислений приводятся в виде графиков, на которых показано влияние коэффициента снижения прочности ($K_{\text{уст}}$) на смещение контрольной точки (узла сетки конечных элементов). Критерий разрушения модели определяется условием Кулона-Мора. Если в результате конечно-элементного расчета будет получено решение для последнего устойчивого состояния откоса, то график расчетов примет горизонтальное положение и коэффициент снижения прочности будет

соответствовать коэффициенту устойчивости $K_{уст}$. Поверхность скольжения при использовании метода конечных элементов формируется во время расчета.

В отличие от методы предельного равновесия, методы снижения прочности в процессе расчета, поверхность скольжения и коэффициент устойчивости определяются одновременно. и наиболее преимущество методы снижения прочности является его единство с другими возможностями численного моделирования. Использование численного моделирования методом снижения прочности позволяет решать задачу по определению длительной прочности геосинтетических материалов. При расчетах по методом предельного равновесия (упруго-пластический расчет) необходимо задаться длительной прочностью $R_{длит}^{мпр}$, и произвести оценку устойчивости, после чего будет известна кратковременная прочность $R_{кр}^{мпр}$. При численном моделировании (повышении прочности, консолидационный расчет) с учетом «отпора» сил избыточного порового давления для обеспечения устойчивости сооружения потребуется расчетная длительная прочность геоматериала $R_{длит}^{конс} > R_{длит}^{мпр}$, которая после завершения процесса консолидации снизится. Учитывая, что под длительной прочностью подразумевается остаточная прочность в расчете на 120 лет, в результате численного расчета получается, что кратковременная (номинальная) прочность, полученная с учетом процессов консолидации, меньше, чем полученная при расчетах методами предельного равновесия $R_{кр}^{конс} < R_{кр}^{мпр}$.

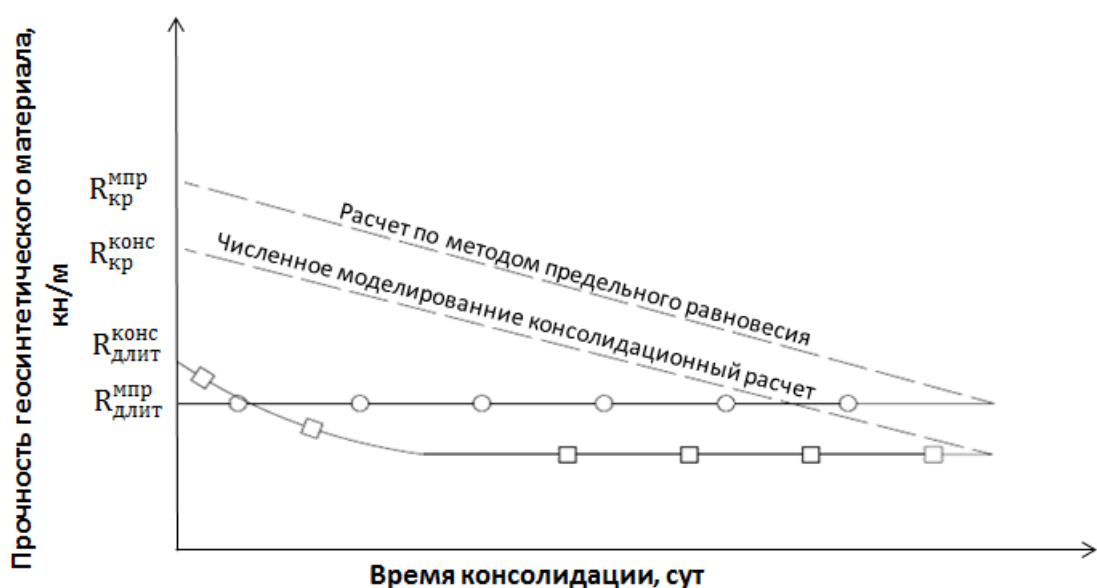


Рисунок 3 – График определения длительной прочности геосинтетического материала.

Метод конечных элементов: Современные конструкции характеризуются сложностью их формы, большими габаритами, экстремальными условиями работы элементов, из-за чего проведение натурного эксперимента является трудным и дорогостоящим. Но значительное развитие вычислительной техники позволяет моделировать сложные физические явления, даёт возможность варьировать определяющие параметрами исследуемой системы с целью получения оптимальных характеристик прочности и надёжности, поэтому решение конкретной проблемы в периоде реализации численных экспериментов требует выбора наиболее эффективных современных методов численного решения. В основе численных методов лежит замена континуальной расчётной модели с непрерывным распределением параметров дискретной моделью, имеющей конечное значение неизвестных, выбираемых в зависимости от требований, предъявляемых к расчёту, и возможностей вычислительной техники. В настоящее время большое распространение среди множества численных методов получил метод конечных элементов, который наиболее удобен для реализации благодаря чёткой формализации отдельных этапов решения задачи в матричной форме расчёта. Ведущее положение этого метода объясняется широкой областью и относительной простотой его применения: независимостью расчета от типа конструкции и физических свойств применяемых материалов, упрощенной системой учета взаимодействия расчетных конструкций с окружающей их средой, возможностью автоматизации расчета на любом его этапе. Метод сочетает самые мощные вычислительные инструменты, которые позволяют, в частности, определения деформаций откоса. Суть метода конечных элементов заключается в разбиении всей области, занимаемой конструкцией, на некоторое количество малых подобластей с конечным размером. Эти подобласти носят название конечных элементов, а само разбиение называется дискретизацией. Форма конечных элементов будет зависеть от типа самой конструкции и характера деформации. Например, конечными элементами в расчете стержневых конструкций (ферм, балок или рам) будут участки стержней, при расчетах двумерных континуальных систем (пластин, плит или оболочек) - прямоугольные или треугольные подобласти, а при расчете трехмерных конструкций (массивов или толстых плит) - подобласти в виде тетраэдров или параллелепипедов. Но в отличие от настоящей конструкции в такой дискретной модели связывание конечных элементов происходит только в отдельных узлах (точках) некоторым известным

количеством узловых параметров. Функционалом энергии всей конструкции при дискретизации будет алгебраическая сумма отдельных функционалов конечных элементов, и для каждой подобласти должен быть задан независимый от других закон распределения требуемых для решения функций. С помощью этих законов возможно выражение перемещений (искомых непрерывных величин) в пределах заданного конечного элемента через значения величин в конечных точках. Число узлов и число их возможных перемещений (степень свободы) для конечного элемента могут варьироваться, но меньше минимального количества, необходимого для рассмотрения состояний конечных элементов под действием напряжения или деформации в данной принятой модели, их быть не должно. Степени свободы конечных элементов определяются числом независимых перемещений во всех их узлах. Степень свободы всей рассчитываемой конструкции и, как следствие, алгебраический порядок уравнений системы будет определяться суммированием числа перемещений всех известных ее узлов. Исходя из того, что основные неизвестные в расчете методом перемещений – искомые узловые перемещения, то понятия степени свободы конечных элементов и конструкции целиком становятся особо важными в методе конечных элементов.

Способ дискретизации рассматриваемой области, количество конечных элементов, число их степеней свободы, а также форма используемых приближенных функций оказывают непосредственное влияние на точность расчета всей конструкции. Таким образом, метод конечных элементов, как наиболее алгебраический, помогает не только при расчете отдельных строительных конструкций, но и в целом при решении строительных задач. После расчета по методу конечных элементов можно оценить деформации грунта и конструкций.

Выводы

Каждый метод имеет свою область применения: какие-то – для полигональных поверхностей; одни подходят только для однородных грунтов, другие – могут быть использованы при разнородной толще. Кроме того, методы делятся по механизмам расчетов: удовлетворяющие общему равновесию моментов (Феллениуса, Бишопа), методы равновесия сил (Шахунянца, Крея, Маслова-Берера) и методы равновесия моментов и сил (Янбу, Моргенштейна и Прайса, Спенсера). В механике грунтов они все относятся к приближенным методам. Л.К. Гинзбург (основоположник метода расчета свайной противо

оползневой конструкции), например, на основе экспериментов признал наиболее приемлемым метод проф. Шахунянца (добавлен в программе "Устойчивость откоса" GEO5). Из зарубежных можно выделить, метод Бишопа "Практикум по Plaxis-8" [10,11], как самый основной и распространенный. А как наиболее сложный и имеющий меньше всего допущений – метод Morgenstern-Price, подходящий для любых поверхностей, учитывающий и моменты и силы и близкий к нему метод Спенсера. В отличие от методы предельного равновесия, методы снижения прочности в процессе расчета, поверхность скольжения и коэффициент устойчивости определяются одновременно. и наиболее преимущество методы снижения прочности является его единство с другими возможностями численного моделирования.

Литература

1. Шахунянц Г.М. Расчет устойчивости склонов и откосов против скольжения пород. В сб. «Материалы совещания по вопросам изучения оползней и мер борьбы с ними». Изд-во Киевского университета, 1964.
2. Маслов Н.Н. Условия устойчивости склонов и откосов в гидро- энергетическом строительстве. М., Госэнергоиздат, 1955.
3. Терцаги К. Теория механики грунтов (перевод издания 1942). М., Госстройиздат, 1961.
4. Bishop, A.W., (1955), "The Use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Slopes", Geotechnique, Vol. 5, pp 7 - 17.
5. Morgenstern, N. and Price, V.E., (1965), "The Analysis of the Stability of General Slip Surfaces",
6. [Spencer E.](#), M.Sc. Tech, A Method of analysis of the Stability of Embankments Assuming Parallel Inter-Slice Forces, Volume 17 Issue 1, March 1967, pp. 11-26
7. Чугаев Р.Р. Расчёт устойчивости земляных откосов и бетонных плотин на скальном основании по методу круглоцилиндрических поверхностей обрушения. М.: Госэнергоиздат, 1963. - 144 с.
8. Вавринюк Т.С., Федоренко Е.В. Расчеты устойчивости земляного полотна с геосинтетическими материалами. Журнал «Красная линия», выпуск Дороги №69 май 2013.
9. Рекомендации по применению геосинтетических материалов в конструкциях промышленных дорог. СПб.:Миакон, 2013.
10. Практикум по Plaxis. Часть 1. Виртуальная лаборатория Soil Test. 2016 (электронное издание).
11. Практикум по Plaxis. Часть 2. Напряжения. Прочность/ 016 (электронное издание).

Рецензенти:

Кузло М.Т., д-р техн. наук, Національний університет водного господарства та природокористування.

Балашова Ю.Б., канд. техн. наук, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури.

Reviewers:

Kuzlo M.T., Dr. Tech. Sci., National University of Water and Environmental Engineering.

Balashova Yu.B., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture.

Стаття надійшла до редакції: **10.04.2017 р.**

ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА БЕЗПЕКА РУХУ

УДК 656:614.8.01

Алексєєнко О.В.

ТЕОРЕТИКО-МНОЖИННІ МОДЕЛІ МОНІТОРИНГУ ПРОЦЕСІВ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ

Анотація. Для управління процесами виконання транспортної послуги, а саме доставки вантажів автомобільним транспортом необхідно застосовувати оперативний моніторинг подій з транспортними засобами та вантажами для наступного аналізу й прийняття рішення.

Ключові слова: інформаційний моніторинг, процес доставки вантажів, графік доставки вантажів

УДК 656:614.8.01

Алексееенко Е.В.

ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННЫЕ МОДЕЛИ МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССОВ ДОСТАВКИ ГРУЗА АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Аннотация. Для управления процессами выполнения транспортной услуги, а именно доставки грузов автомобильным транспортом необходимо применять оперативный мониторинг событий с транспортными средствами и грузами для последующего анализа и принятия решения.

Ключевые слова: информационный мониторинг, процесс доставки грузов, график доставки грузов

UDC 656:614.8.01

Aliksieienko O.

THEORETICAL-MULTIPLE MODELS OF MONITORING OF CARGO DELIVERY PROCESSES BY AUTOMOBILE TRANSPORT

Abstract. To control the process performance of transport services such as delivery of goods by road is necessary to use efficient monitoring events from vehicles and cargo for further analysis and decision-making.

Keywords: Information monitoring, process of delivery of goods, schedule of delivery of goods

Вступ. Створення системи інформаційного моніторингу за процесами доставки вантажів пов'язане з розробкою технології кожного конкретного перевезення та складанням графіка доставки вантажу й вимагає розробки відповідних методик і методів. Комплексний підхід до управління процесом доставки вантажу на базі автоматизованих систем передбачає укладання договору із клієнтом на основі розробленої технології, складеного графіку доставки (на підставі технології), здійснення робіт з наданням комплексної послуги й моніторингу виконання цього графіку [1].

Моніторинг відхилень від контрольних точок передбачається здійснювати на всьому маршруті доставки вантажу з оптимальною частотою та визначеними критеріями.

Основна частина. У цілому інформаційний моніторинг процесів доставки вантажів автомобільним транспортом являє собою складну організаційно-технічну систему. У якості елементів системи, як джерел первинної інформації, виступають різноманітні категорії: транспортні засоби, вантажні контейнери, окремі одиниці вантажу в індивідуальному впакуванні (тарі), навігаційна апаратура споживачів, пристрій передачі й приймання даних, матеріальні й енергетичні ресурси, диспетчера й виробничо-технічні працівники логістичного центру та інш. Подібна складна система вимагає наявності діючого апарата дослідження, розробки, впровадження й експлуатації моніторингу. А ще раніше слід мати концепцію побудови системи інформаційного моніторингу процесів доставки вантажів, яка повинна стати основою, що керує ідеєю для проєктантів,

розроблювачів і експлуатантів системи. Особливо важливо чітко знати й представляти для чого створюється система інформаційного моніторингу, що необхідно робити далі, маючи представницьку (репрезентативну) інформацію про просторово-тимчасову дислокацію вантажів.

Систему інформаційного моніторингу (СІМ) процесів доставки вантажів автомобільним транспортом можна класифікувати як складну, відкриту, імовірнісну (ймовірнісну), динамічну й дискретну систему. Її призначення полягає в одержанні, за допомогою супутникових навігаційних технологій і мобільного зв'язку [2, 3], репрезентативної інформації про процеси доставки вантажів у дискретному режимі реального часу для наступного використання даних при управлінні цими процесами у рамках інформаційно-управляючої системи компанії перевізника [1, 4]. Створення СІМ можливе при однозначній формалізації процесів доставки вантажів автомобільним транспортом, яка базується на:

- 1) плановому поділі процесів на стандартні операції з доставки вантажів, упорядковані за часом;
- 2) можливість зафіксувати початок і кінець кожної операції процесів доставки вантажів, а також внутрішніх контрольних тимчасових точок, що характеризують відхилення від планових показників руху ТЗ та вантажів у просторі й часу;
- 3) застосовності супутникових радіонавігаційних систем і мобільного зв'язку для дискретної фіксації просторово-тимчасової дислокації транспортних засобів, окремих вантажів.

Умовами створення інформаційного моніторингу процесів доставки вантажів автомобільним транспортом є:

- 1) можливість планування перевезень вантажів за чіткими графіками руху ТЗ;
- 2) доведена застосовність у принципі для створення СІМ супутникових навігаційних технологія й мобільному зв'язку;
- 3) можливість застосування «глобальної оперативної навігації» для контролю просторово-тимчасової дислокації транспортних засобів, контейнерів і окремих вантажів.

Термін «глобальна оперативна навігація» (ГОН) означає, що рухомий об'єкт, оснащений навігаційною апаратурою споживача (НАС), може в будь-якому місці граничного простору в будь-який момент часу визначити параметри

свого руху – три геодезичні координати: широта $B(\varphi)$, довгота $L(\lambda)$; висота $H(\text{alt})$, три складові вектору швидкості (на північ V_N , схід V_E , нагору V_H) і час UTC [1].

Принципи побудови системи моніторингу процесів доставки вантажів такі:

- 1) відкритість системи (до неї можуть підключатися системи моніторингу всіх видів транспорту);
- 2) наступність (діючі технології маршрутизації транспортних засобів з вантажами залишаються незмінними);
- 3) захищеність від стороннього втручання й знімання інформації (неможливість проникнення в систему нежданих комунікантів, хакерів);
- 4) дотримання режиму реального часу (дозволяє надалі реалізувати й управляти процесами доставки вантажами в режимі онлайн);
- 5) орієнтація на самі прогресивні й сучасні технології супутникової навігації й мобільному зв'язку (можлива орієнтація на систему GALILEO);
- 6) керованість (СІМ однозначно реагує на управляючі впливи для досягнення мети функціонування);
- 7) стійкість (СІМ працює без збоїв при впливі зовнішніх і внутрішніх дестабілізуючих факторів);
- 8) ефективність (економічний ефект від експлуатації СІМ перевершує витрати на створення й експлуатацію системи);
- 9) інформаційна ефективність (забезпечення репрезентативності – вірогідності, повноти, однорідності й безперервності інформації);
- 10) радійність функціонування (у певних умовах і в/на протязі заданого періоду часу виконувати призначені функції).

Теоретико-множинні моделі процесів доставки вантажів будуються на основі декларативно-графічного опису об'єктів, дій, операцій, процедур і управляючих рішень процесів. Кожна із зазначених категорій процесів використовується в ТММ у вигляді множини – концепту (аргументу) множини функції у вигляді відображення [1]. Вихідною ТММ процесів доставки вантажів є метамодель

$$C_{\Pi} \times O_{\text{Об}} \times T \rightarrow Pr(G) \times T, \quad (1)$$

де C_{Π} – множина сценаріїв процесів переміщення вантажів $Pr(G)$;

$O_{\text{Об}}$ – множина об'єктів точкової й маршрутно-просторово-тимчасової дислокації вантажів, $ob_n \in O_{\text{Об}}$;

T – множина моментів поточного часу.

Кожному сценарію $cc_i \in C_c$ відповідає сукупність процедур ІМ, тобто метамодель моніторингу представляється наступним відображенням

$$I(C_c) \times I(O_b) \times T \rightarrow I(Pr) \times I(G) \times T. \quad (2)$$

Концепти моделей (1) і (2) мають власні теоретико-множинні моделі

$$O_b \times D_e \times O_p \times O_t \times U_b \times \Delta T \times T \rightarrow C_c \times T, \quad (3)$$

де O_b , D_e , O_p , O_t , U_b – множини організаційних об'єктів точкової просторово-тимчасової дислокації вантажів;

ΔT – множина інтервалів часу $t_{i,j} \in \Delta T$ за які виконуються конкретні елементи організаційних дій $d_{e_i} \in D_e$, технологічні операції $op_j \in O_p$, транспортні операції $ot_k \in O_t$ й логіко-семантичні рішення $uv_m \in U_b$. Аналогічно, відносно інформаційного моніторингу

$$I(O_b) \times I(D_e) \times I(O_p) \times I(O_t) \times I(U_b) \times I(\Delta T) \times T \rightarrow I(C_c) \times T, \quad (4)$$

де $I(\dots)$ – множини інформаційних елементів, що описують відповідні категорії ТММ (2) і (3).

Особливо значимою ТММ є модель управляючих впливів (U_b) – логіко-семантичних рішень – U_b , прийнятих по даним ІМ

$$I(B^\Phi(\varphi)) \times I(L^\Phi(\lambda)) \times I(H^\Phi(alt)) \times I(T^\Phi(UTC)) \times I(K_{bt}) \times T \rightarrow U_b \times T, \quad (5)$$

де $I(K_{bt})$ – множина ІЕ про контрольно-тимчасові точки моніторингу процесів доставки вантажів.

Рішення uv_m ухвалюються при накладенні значень фактичних геодезичних координат і часу на електронну карту й зіставленні їх із прогнозними значеннями процесів доставки вантажів

$$I(B^\Phi(\varphi)) \times I(B^{np}(\varphi)) \times I(T^\Phi(UTC)) \times I(K_{bt}) \times T \rightarrow U_b^\circ \times T; \quad (6)$$

$$I(L^{\Phi}(\lambda))X I(L^{\text{np}}(\lambda))XI(T^{\Phi}(\text{UTC}))XI(K_{\text{BT}})XT \rightarrow UV^{\lambda}XT; \quad (7)$$

$$I(H^{\Phi}(\text{alt}))XI(H^{\text{np}}(\text{alt}))XI(T^{\Phi}(\text{UTC}))XI(K_{\text{BT}})XT \rightarrow UV^{\text{alt}}XT. \quad (8)$$

Інформаційний моніторинг має також процедурну теоретико-множинну модель, у якій якості концептів беруть участь інформаційні процедури моніторингу процесів доставки вантажів.

$$W_{\text{GPS}}^{\text{прм}}XW_{\text{GPS}}^{\text{xp}}XW_{\text{GPS}}^{\text{прд}}XT \rightarrow I(B^{\Phi}(\varphi))XI(L^{\Phi}(\lambda))XI(H^{\Phi}(\text{alt}))XI(T^{\Phi}(\text{UTC}))XT. \quad (9)$$

Безпосереднє порівняння геодезичних координат просторово-тимчасової дислокації вантажів за фіксованими точковими об'єктами процесів доставки вантажів дає можливість управляти дискретними значеннями часу одержання інформації, тобто змінювати значення K_{BT} :

$$UV^{\Phi}XUV^{\lambda}XUV^{\text{alt}}XI(\text{UTC})XT \rightarrow UV(K_{\text{BT}})XT. \quad (10)$$

При згортанні ТММ (2) – (10) у метамодель (1) слід забрати з підсумкової моделі повторювані концепти, наприклад Об, і перевірити на відсутність «розривів» у визначенні інших концептів. Теоретико-множинні моделі репрезентативності (презентабельності) інформаційних елементів і інформаційного моніторингу в цілому відносно таких показників, як вірогідність Δ , повнота Π , однорідність O , безперервність N , оперативність, Ω економічність Σ можна виразити наступними ТММ

$$\Delta_B X \Delta_L X \Delta_H X \Delta_{\text{UTC}} XT \rightarrow \Delta I(K_{\text{BT}}^{\Phi})XT. \quad (11)$$

$$\Pi_B X \Pi_L X \Pi_H X \Pi_{\text{UTC}} XT \rightarrow \Pi I(K_{\text{BT}}^{\Phi})XT. \quad (12)$$

$$O_B X O_L X O_H X O_{\text{UTC}} XT \rightarrow O I(K_{\text{BT}}^{\Phi})XT. \quad (13)$$

$$N_B X N_L X N_H X N_{\text{UTC}} XT \rightarrow N I(K_{\text{BT}}^{\Phi})XT. \quad (14)$$

$$\Delta I(K_{\text{BT}}^{\Phi})X \Pi I(K_{\text{BT}}^{\Phi})X O I(K_{\text{BT}}^{\Phi})X N I(K_{\text{BT}}^{\Phi})XT \rightarrow \text{Repr} I(K_{\text{BT}}^{\Phi}). \quad (15)$$

Висновки

Таким чином, ТММ визначальних концептів процесів доставки вантажів дозволяють конкретизувати в логіко-семантичних моделях ПДВ синтаксичні визначення. При введенні в моделі множини нестационарних проблемних ситуацій, що мають місце в процесах доставки вантажів, моделі ще більш ускладнюються, але при цьому вони будуть більш правильно описувати реальні процеси доставки вантажів автомобільним транспортом.

Література

1. Кириченко Г.І., Петрашевський О.Л., Алексєєнко О.В., Данилевський В.В. Розробка проекту Концепції створення моніторингу залізничних транспортних процесів доставки вантажів та рекомендації щодо технологічних засад моніторингу процесів доставки вантажів залізничним транспортом Звіт з НДР по договору № 103, Держреєстрація № 0112U003145 Національний транспортний університет.– Київ, 2011 р. 91 с.
2. Соловьев Ю.А. Спутниковая навигация и ее применения/ Соловьев Ю.А.// Москва, ЕКО-ТРЕНДЗ, 2003, 326 с.
3. Аппаратура радионавигационных систем ГЛОНАСС и GPS. Системы координат. Методы перевычислений координат определяемых точек // Государственный стандарт РФ (проект), Госстандарт России, 1997.
4. Петрашевський О.Л., Алексєєнко О.В. Удосконалення інформаційного забезпечення моніторингу автотransпортних систем. Вісник Національного транспортного університету: В 2-х частинах: Ч.2. К.:НТУ, 2006. Вип. 13. С. 53-58.

Рецензенти:

Павлюк Д.О., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.
Нагайчук В.М., канд. техн. наук, ДП "ДерждорНДІ".

Reviewers:

Pavliuk D.O., Dr. Tech. Sci., National Transport University.
Nahaichuk V.M. Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), "DerzhdorNDI".

Стаття надійшла до редакції: **17.05.2017 р**

УДК 656.13

Івасишина Н.В., канд. екон. наук., **Додух К.М.,** **Пальчик А.Д.**

ОБГРУНТУВАННЯ МАРШРУТУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ

Анотація. Розглянуто вплив параметрів автомобільних доріг на швидкість руху автомобілів по її елементарним ділянкам. Швидкість руху по елементарній ділянці автомобільної дороги. визначається геометричними елементами дороги та інтенсивністю руху автомобілів. Сума проїзду елементарних ділянок автомобільних доріг, що входять у маршрут, буде складати час його проїзду. Мінімальний час проїзду маршруту буде критерієм для його вибору.

Ключові слова: автомобільна дорога, маршрут, швидкість, автомобіль, час проїзду, мінімальний час проїзду.

УДК 656.13

Ивасишина Н.В., канд. екон. наук., **Додух К.М.,** **Пальчик А.Д.**

ОБОСНОВАНИЕ МАРШРУТА ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Анотація. Рассмотрено влияние параметров автомобильных дорог на скорость движения автомобилей по ее элементарным участкам. Скорость движения на элементарных участках дороги определяется геометричными элементами дороги и интенсивностью движения автомобилей. Сумма проезде элементарных участков автомобильных дорог, которые входят в маршрут, будет составлять время его проезде. Минимальное время проезде маршрута будет критерием для его выбора.

Ключевые слова: автомобильная дорога, маршрут, скорость, автомобиль, время проезде, минимальное время проезде

UDC 656.13

Ivasyshyna N., Cand. Econ. Sci. (Ph.D.), Dodukh K., Palchyk A.

SUBSTANTIATION OF ROUTE OF CARGO TRANSPORTATION BY ROAD TRANSPORT

Annotation. The influence of road parameters on vehicle speed at elementary sections has been reviewed. The speed of movement on elementary part of road. These sections are identified by geometrical parameters of road and density of car traffic. The sum of traveled elementary road sections, which are included to the itinerary, will constitute the passage time. The minimal time of travel through the itinerary will be the criterion for its selection.

Key words: road, itinerary, speed, vehicle, passage time, minimal time of travel

Постановка проблеми

Розвиток автомобільних перевезень вимагає відповідних умов руху на автомобільних дорогах та забезпечення безпеки руху. Тип автомобіля, його технічний стан, параметри дороги, стан покриття, інтенсивність руху та погодні умови є основними чинниками для швидкості руху автомобілів. Так як маршрут перевезень вантажів проходить по різних дорогах виникає необхідність визначення часу проїзду по кожному варіанту маршруту із урахуванням дорожніх та погодних умов. Критерієм маршруту буде мінімальний час проїзду.

Основна частина

Мережа автомобільних доріг складається із доріг різних категорій, які відрізняються параметрами (геометричними елементами, дорожнім одягом, штучними спорудами, схемами організації дорожнього руху). Швидкість руху автомобілів залежить як від типу автомобіля так і від дорожніх та погодних умов. Економічна ефективність залежить від часу проїзду, який в свою чергу залежить від дорожніх умов та прокладеного маршруту по мережі автомобільних доріг.

Маршрут може бути прокладений як по одній дорозі так і по декількох дорогах або їх ділянках. В такому випадку маршрут буде складатись:

$$L = \sum_{i=1}^n l_i, \quad (1)$$

де L – довжина маршруту;

l – довжина окремої дороги або ділянки дороги.

У свою чергу кожна дорога або її ділянка поділяється на ділянки із визначеною середньою швидкістю руху.

Виходячи з цього необхідно прокладати маршрути із умови мінімального часу проїзду:

$$T \rightarrow \min, \quad (2)$$

де T – час проїзду вибраного маршруту

На першому етапі визначається можливість проїзду автомобільного транспорту, яка характеризується навантаженням на вісь автомобіля від 6,0 т до 11,5 т. 6,0 т – дорога 5 категорії, 10,0 т – дороги 4,3 категорії і 11,5 т – дороги 1,2 категорії та автомагістралі.

Швидкість автомобіля залежить від типу автомобіля: легковий, вантажний, автобус, авто потяг, які мають різні тягово-швидкісні характеристики. Розрахункова швидкість руху автомобілів буде залежати від дорожніх умов. К Під дорожніми умовами розуміємо:

- ширина проїзної частини,
- кількість смуг руху в одному напрямку,
- ширина узбіччя,
- радіус горизонтальної кривої,
- позовжній похил,
- наявність обмежень швидкості,
- стан покриття,
- погодні умови.

На даній ділянці дороги визначається чинник, який найбільше впливає на зниження швидкості руху автомобіля (1):

- інтенсивності руху (V_N);
- радіусу горизонтальної кривої (V_R);
- величини позовжнього похилу (V_i);
- показника рівності покриття (V_P);
- величини обмеження швидкості (V_O);

- величини середньої швидкості вільного руху ($V_{віль}$),

$$\bar{V}_j = \min (V_N, V_R, V_i, V_P, V_O, V_{віль}). \quad (3)$$

Мінімальне значення буде відповідати тому показнику, що найбільше впливає на змінення швидкості, по відношенню до швидкості вільного руху.

Середня швидкість вільного руху визначається як середньостатистичне значення за формулою:

$$V_{віль} = V_{л} \cdot \alpha + V_{в} \cdot \beta + V_{ав} \cdot \gamma + V_{ан} \cdot \rho, \quad (4)$$

де $V_{л}, V_{в}, V_{ав}, V_{ан}$ – відповідно середні швидкості вільного руху легкових, вантажних автомобілів, автобусів та автопотягів, км/год.;

$\alpha, \beta, \gamma, \rho$ – частки відповідно легкових, вантажних автомобілів, автобусів та автопотягів в транспортному потоці;

Значення середньої швидкості руху різних типів автомобілів в залежності від категорії дороги наведенні в таблиці 1.

Таблиця 1 – Середні швидкості вільного руху

№ п/п	Категорія дороги	Кількість смуг руху	Середня швидкість, км/год			
			Легкові	Вантажні	Автобуси	Автопотяги
1	Ia	6	91,13	75,70	77,50	81,03
2	Ia, Ib	4	88,04	75,77	74,61	80,00
3	II	2	84,29	71,90	71,50	72,93
4	III	2	79,72	67,06	69,33	71,11
5	IV	2	75,83	64,08	67,03	68,75

Зменшення середньої швидкості вільного руху залежить від радіуса горизонтальної кривої.

В результаті обробки даних спостережень були отримані наступні залежності середньої швидкості руху від радіуса горизонтальної кривої (рис.1):

При $R < 100$ м

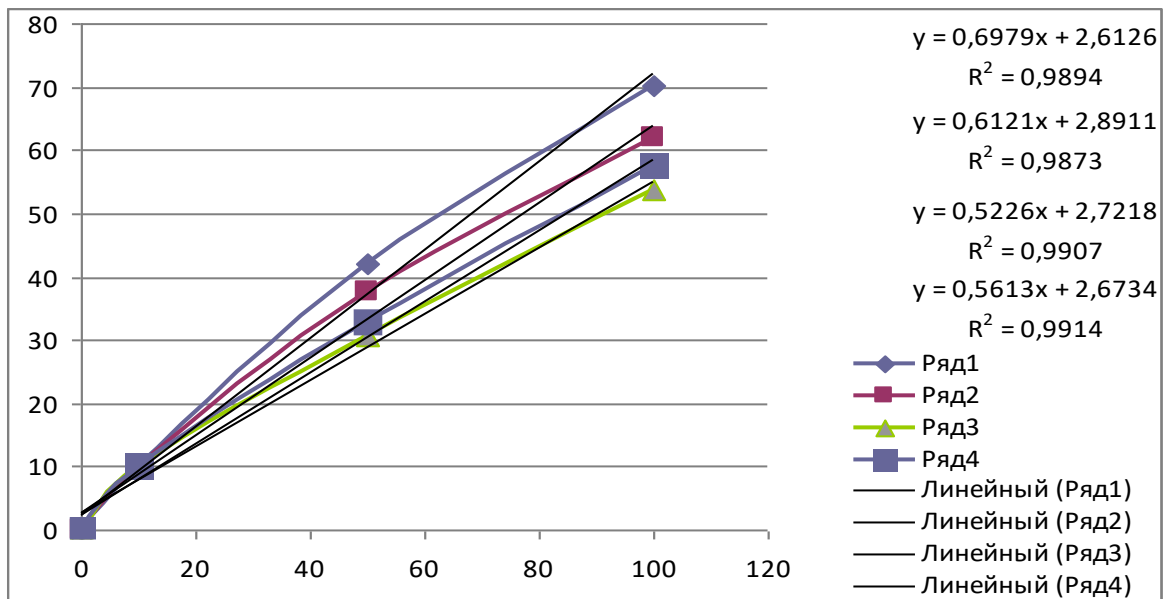


Рисунок 1 – Залежність середньої швидкості руху від радіуса горизонтальної кривої до 100м

Загальний вигляд рівняння:

$$V = AR + B;$$

$$V = 0,6979R + 2,6126 \text{ легкові};$$

$$V = 0,6121R + 2,8911 \text{ вантажні};$$

$$V = 0,5226R + 2,7218 \text{ автобуси};$$

$$V = 0,5613R + 2,673 \text{ автопотяги}.$$

Значення коефіцієнтів А і В визначені:

Коефіцієнт А

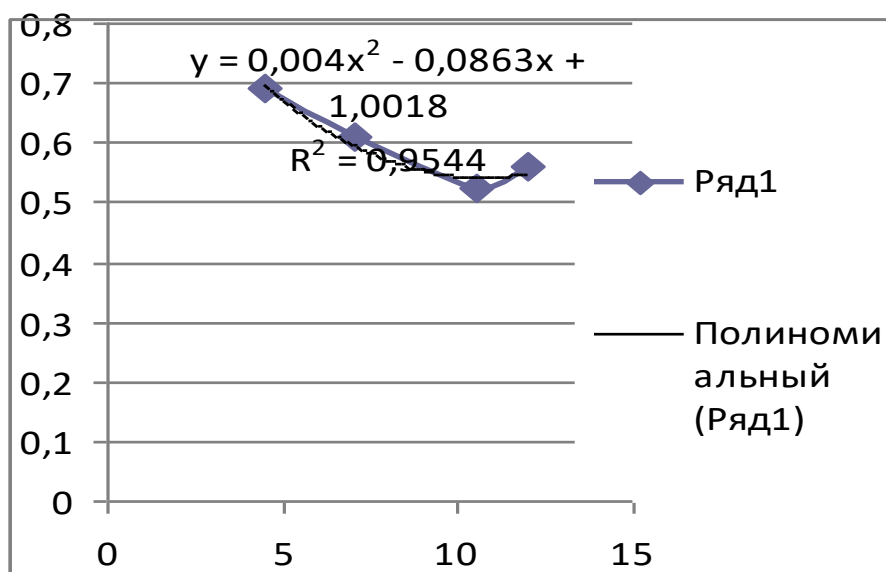


Рисунок 2 – Залежність коефіцієнта А від довжини автомобіля коефіцієнт В

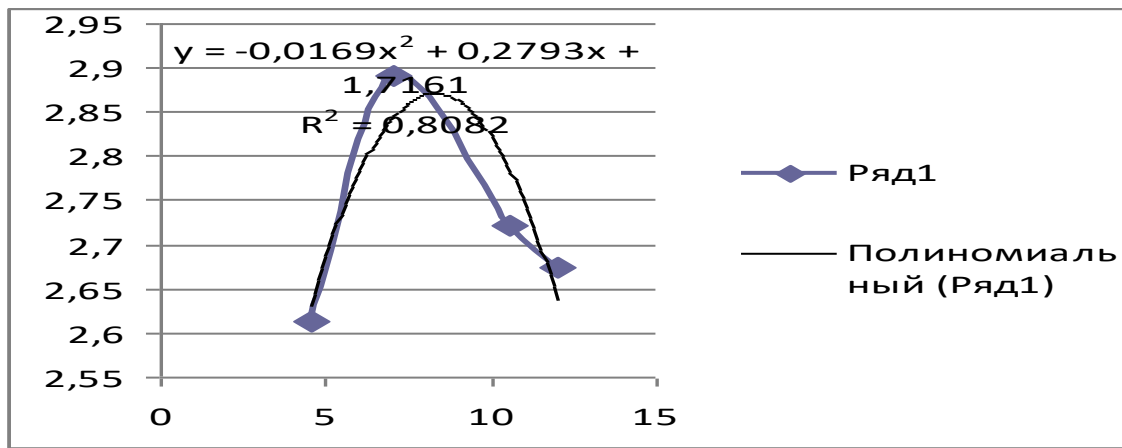


Рисунок 3 – Залежність коефіцієнта В від довжини автомобіля

$$A = 0,004L_a^2 - 0,0863L_a + 1,0018$$

$$B = -0,0169L_a^2 + 0,2793L_a + 1,716.$$

Загальний вигляд рівняння: при радіусі горизонтальної кривої до 100м

$$V = (0,004l^2 - 0,0863l + 1,0018)R + (-0,0169l^2 + 0,2793l + 1,7161),$$

де l – довжина автомобіля, м

R – радіус горизонтальної кривої, м

При радіусах горизонтальної кривої від 100 м до 600 м. Горизонтальні криві радіусом більше 600 м не впливають на швидкість автомобілів.

Аналіз графіка показав, що при радіусі горизонтальної кривої 100 м спостерігається велике розбіжність теоретичних і експериментальних значень, що викликало необхідність дослідження впливу радіуса горизонтальної кривої на середню швидкість у два етапи: для радіусів до 100 м і від 100 м до 600 м.

Радіус горизонтальної кривої від 100 м до 600 м.

Побудова степеневі лінії тренда шляхом розрахунку точок методом найменших квадратів по наступній формулі: $V = AR + B$

$$V = 0,0114R + 68.984 \text{ легкові};$$

$$V = 0,0042R + 61.584 \text{ вантажні};$$

$$V = 0,0263R + 51.274 \text{ автобуси};$$

$$V = 0,0225R + 55.25 \text{ авто потяги}.$$

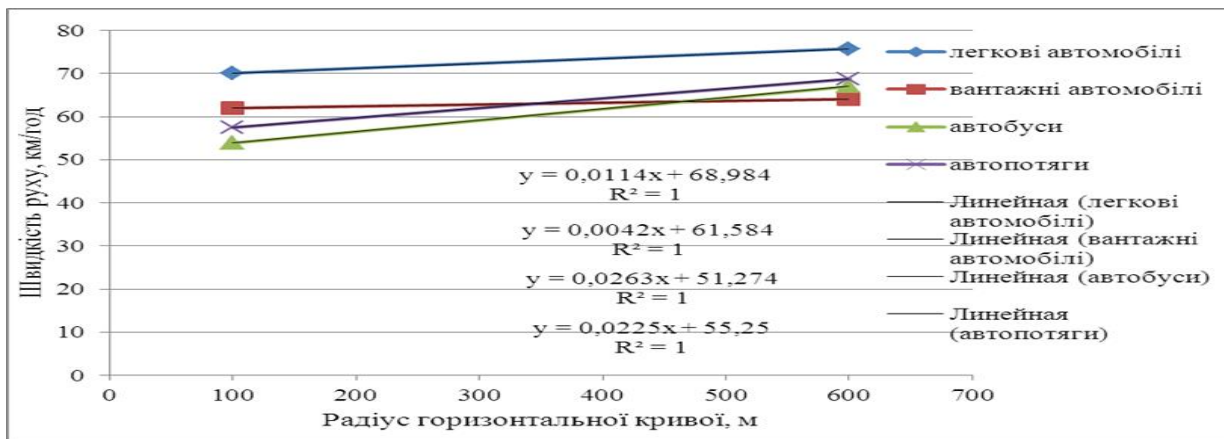


Рисунок 4 – Залежність середньої швидкості руху від радіуса горизонтальної кривої більше 100 м

Для отримання рівняння залежності «радіус горизонтальної кривої – швидкість» у загальному вигляді потрібно визначити коефіцієнти A і B для врахування довжини автомобіля. Результати обробки вихідних даних з допомогою електронних таблиць Excel приведені на рис.5-6.

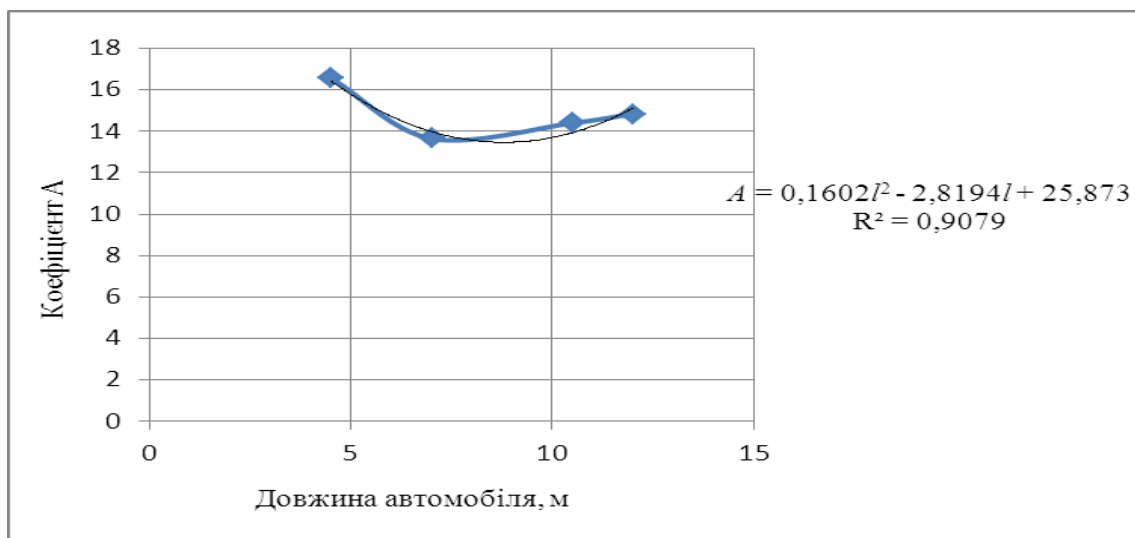


Рисунок 5 – Залежність коефіцієнта A від довжини автомобіля

$$A = 0,1602l^2 - 2,8194l + 25,873 ,$$

$$B = -0,1706l^3 + 4,5072l^2 - 37,169l + 113 .$$

Отже, в загальному вигляді залежність «радіус горизонтальної кривої – швидкість руху» буде мати вигляд:

$$V = (0,1602l^2 - 2,8194l + 25,873)(R) - (-0,1706l^3 + 4,5072l^2 - 37,169l + 113) .$$

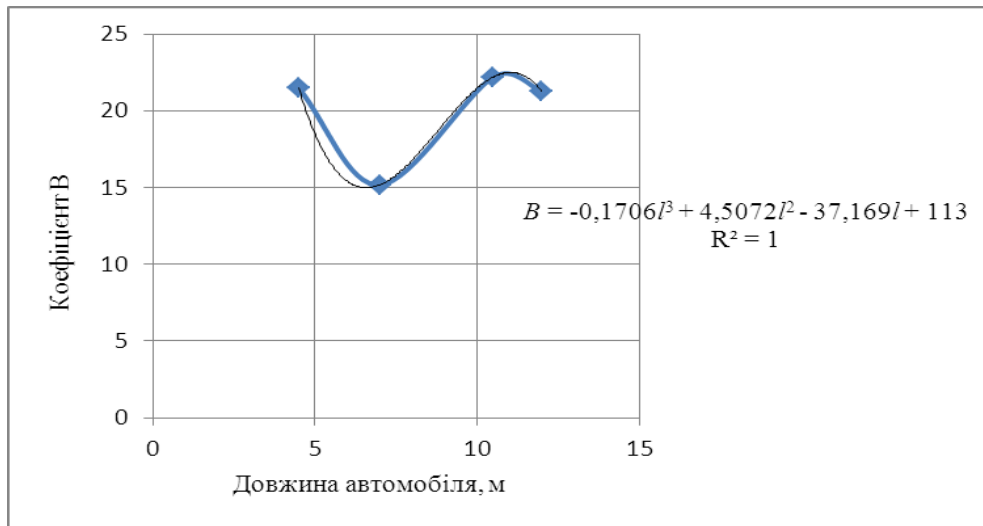


Рисунок 6 – Залежність коефіцієнта В від довжини автомобіля

Зменшення середньої швидкості вільного руху від поздовжнього похилу визначеного на основі проведених експериментальних досліджень :

$$V = V_0 - 283,79i,$$

де V_0 – швидкість вільного руху, км/год;

i – поздовжній похил, в частках одиниці.

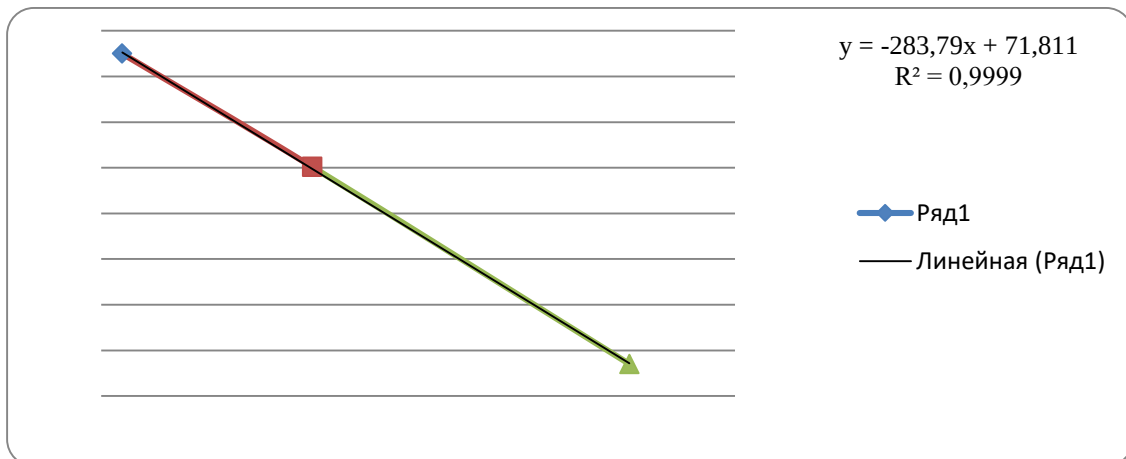


Рисунок 7 – Залежність швидкості руху транспортного потоку від похилу

Середня швидкість на спусках прирівнюється до середньої швидкості вільного руху:

$$V_i = V_{вл.}$$

Середня швидкість в залежності від рівності покриття визначається за формулою або по графіку :

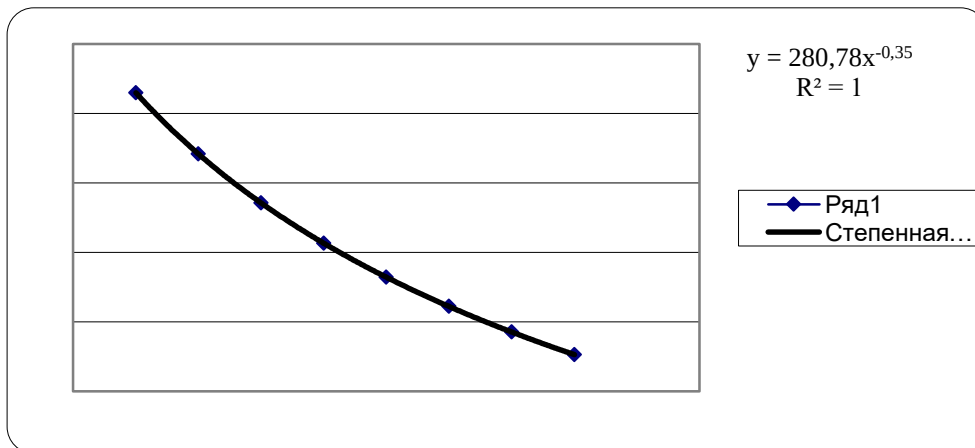


Рисунок 8 – Залежність середньої швидкості руху від показника рівності дорожнього покриття

$$V_p = 280 \cdot P^{-0,35},$$

де p – показник поштовхоміру, см/км.

На першому етапі визначається варіант маршруту в якому визначені автомобільні дороги або їх ділянки які визначають маршрут перевезення вантажів. По визначеним автомобільним дорогам складається графік швидкості для кожної дороги або її ділянки. Графік швидкості складається із розрахованих швидкостей руху кожного елементу дороги. Загальний вигляд графіку приведено на рисунку 9.

Прямими і пунктірними лініями показано прямий і зворотній рух автомобілів де:

V_p – швидккість в залежності від рівності покриття;

V_N – швидкість в залежності від інтенсивності руху;

V_i – швидкість в залежності від поздовжнього похилу;

V_r – швидкість в залежності від радіуса горизонтальної кривої;

V_s – швидкість вільного руху;

V_o – обмеження швидкості засобами організації дорожнього руху.

На основі отриманого графіка визначається час проїзду даної дороги або її ділянки враховуючі час відпочинку водіїв:

$$T_i = \sum_{i=1}^n t_i + \sum_{i=1}^g t_j,$$

де n – кількість ділянок на автомобільній дорозі,

g – відпочинки водіїв,

t_i – час проїзду окремої ділянки автомобільної дороги,

t_j – час одного відпочинку водія.

Загальний час проїзду всього маршруту:

$$T = \sum_{i=1}^k T_i,$$

де T_i – час проїзду по i -тій дорозі.

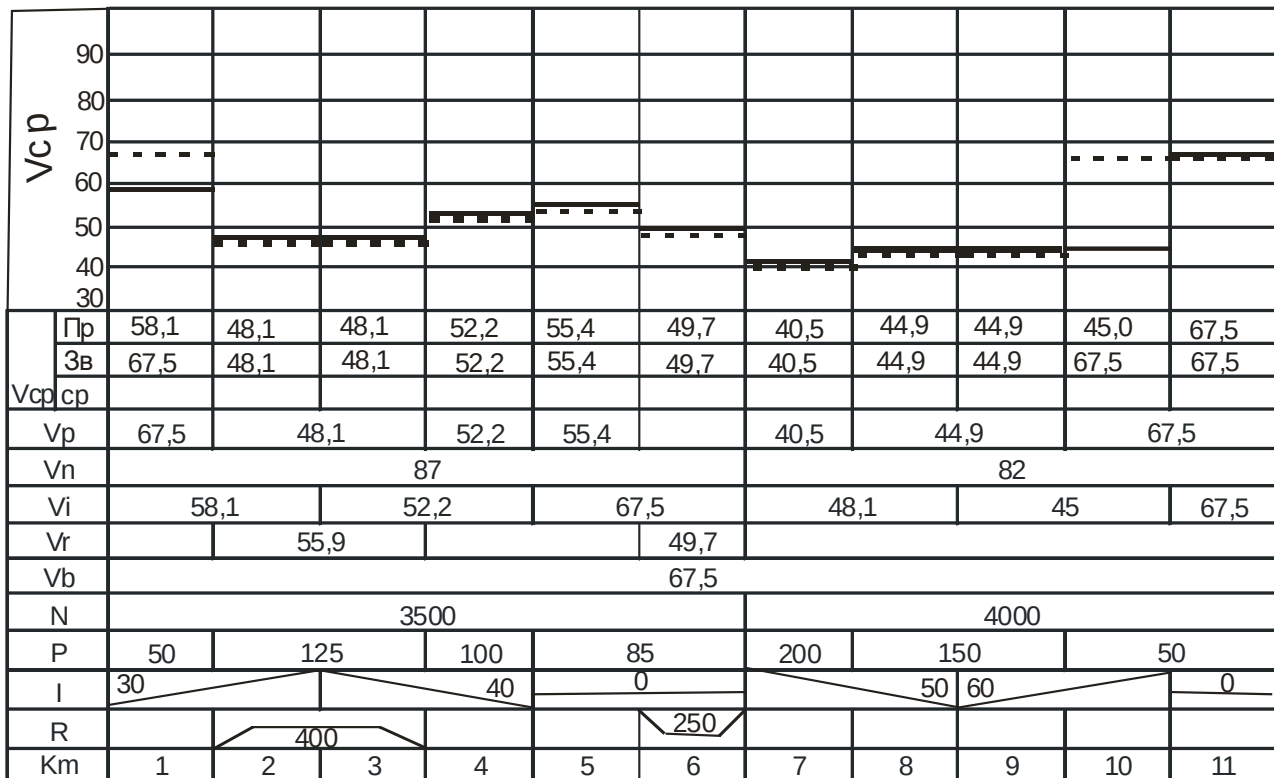


Рисунок 9 – Графік середніх швидкостей руху

Висновок

Пропонується маршрут із мінімальною витратою часу на виконання маршруту, що відповідає мінімальній вартості проїзду. Маршрут складається із автомобільних доріг або їх ділянок для яких складається графік швидкості.

Використовуючи існуючі розробки, на основі супутникових технологій, визначаються елементи автомобільних доріг та розраховуються швидкості руху на кожному елементі дороги або ділянці дороги. Економічні розрахунки повинні враховувати затрати підприємства на перевезення вантажів по часу проїзду маршруту та вартості однієї години проїзду та відпочинку водія.

Література

1. Додух К.М. Практична пропускна здатність смуги руху автомобільної дороги // International Scientific and Practical Internet Conference. World Science. September 22-24, 2014. Dubai, UAE. С. 38-41.
2. Василичена Л.О. Методика порівняння дорожніх розв'язок в різних рівнях / Василичена Л.О.// Современные технологии строительства и эксплуатации автомобильных дорог: Материалы международной научно-технической конференции молодых учёных и аспирантов. Харьков, 2008. С. 225-230.
3. Пальчик А.М. Транспортні потоки: [монографія] / Пальчик А.М. К.: НТУ, 2009. 171 с.

Рецензенти:

Павлюк Д.О., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.
Кизима С.С., канд. техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Pavliuk D.O., Dr. Tech. Sci., National Transport University.
Kyzyma S.S., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **15.06.2017 р.**

УДК 656.073

Чечет А.М.

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ВИКОНАННЯ ПРОЕКТУ НАДАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ

Анотація: В статті розглянуті основні проблеми пасажирських перевезень транспортом загального користування в контексті розроблення методики комплексної оцінки якості виконання проекту надання транспортних послуг в місті щодо покращення надання транспортних послуг та комфортності населення.

Мета роботи – є розробка теоретичних підходів та удосконалення методу щодо оцінки якості виконання проектів щодо надання транспортних послуг в малих містах транспортом загального користування.

Предмет дослідження – методика комплексної оцінки якості виконання проекту надання транспортних послуг.

Об'єкт дослідження – процеси управління проектами надання транспортних послуг з урахуванням оцінки якості виконання проектів.

Управління якістю проекту є одним із найважливіших параметрів проекту, якими можливо і необхідно управляти, поряд з часом, вартістю і ресурсами є його якість. Якість виконання проекту визначається не тільки натуральними, а й вартісними показниками, перш за все їх ефективністю, тобто співвідношенням результатів і витрат.

Оцінка проекту проводиться на ключових етапах реалізації проекту, відповідно аналізуються причини досягнення/не досягнення запланованих результатів та дає можливість оцінити ефективність проекту та сформулювати рекомендації для подальших проектів.

Відповідність якості виконаного проекту здійснено на основі двоступеневого алгоритму оцінки якості виконання проекту та із застосуванням шкали стандартних оцінок бажаності Є. Харрінгтона.

Методику оцінки якості виконання проекту доведений при реалізації «Проект облаштування та реконструкції зупинок громадського транспорту у м. Фастів».

Впровадження у практичну діяльність міської ради методики оцінки якості виконання проекту за критеріями виконання проектів (враховуючи цільове

використання коштів, терміни виконання проекту, якість виконання проекту щодо безпечності та комфортності надання транспортних послуг), дозволило оцінити рівень та якість виконання проекту за наявної експертної інформації.

Результати статті можуть бути використані в подальших наукових дослідженнях.

Ключові слова: проект, програма, надання транспортних послуг, метод, оцінка якості, управління проектом.

УДК 656.073

Чечет А.М.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ

Аннотация: В статье рассмотрены основные проблемы пассажирских перевозок транспортом общего пользования в контексте разработки методики комплексной оценки качества выполнения проекта предоставления транспортных услуг в городе по улучшению предоставления транспортных услуг и комфортности населения.

Цель работы – является разработка теоретических подходов и усовершенствование метода в оценке качества выполнения проектов по оказанию транспортных услуг в малых городах транспортом общего пользования.

Предмет исследования – методика комплексной оценки качества выполнения проекта предоставления транспортных услуг.

Объект исследования – процессы управления проектами предоставления транспортных услуг с учетом оценки качества выполнения проектов.

Управление качеством проекта является одним из важнейших параметров проекта, которым можно и нужно управлять, наряду со временем, стоимостью и ресурсами является его качество. Качество выполнения проекта определяется не только натуральными, но и стоимостными показателями, прежде всего их эффективностью, то есть соотношением результатов и затрат.

Оценка проекта производится на ключевых этапах реализации проекта, в соответствии анализируются причины достижения/не достижение

запланированных результатов и дает возможность оценить эффективность проекта и сформулировать рекомендации для дальнейших проектов.

Соответствие качества выполненного проекта осуществлено на основе двухступенчатого алгоритма оценки качества выполнения проекта и с применением шкалы стандартных оценок желательности Е. Харрингтона.

Методику оценки качества выполнения проекта доказан при реализации «Проект обустройства и реконструкции остановок общественного транспорта в г. Фастов».

Внедрение в практическую деятельности городского совета методики оценки качества выполнения проекта по критериям выполнения проектов (включая целевое использование средств, сроки выполнения проекта, качество выполнения проекта по безопасности и комфортности предоставления транспортных услуг), позволило оценить уровень и качество выполнения проекта по имеющейся экспертной информации.

Результаты статьи могут быть использованы в дальнейших научных исследованиях.

Ключевые слова: проект, программа, предоставление транспортных услуг, метод, оценка качества, управление проектом.

UDC 656.073

Chechet A.

APPLICATION OF THE METHOD OF COMPREHENSIVE EVALUATION OF QUALITY OF CARRIAGE OF TRANSPORT SERVICES PROJECT IMPLEMENTATION

Annotation: The article deals with the main problems of passenger transportation by public transport in the context of developing a methodology for the comprehensive assessment of the quality of project implementation of the provision of a transport ambassador in the city in order to improve the provision of transport services and comfort of the population.

The purpose of the work is to develop theoretical approaches and improve the method for assessing the quality of project implementation in providing transport services in small cities by public transport.

The subject of the study is the methodology of the integrated assessment of the quality of the project implementation of the provision of transport services.

Object of research – the processes of project management of providing transport services, taking into account the quality assessment of projects.

Project quality management is one of the most important parameters of the project, which it is possible and necessary to manage, along with the time, cost and resources, is its quality. The quality of the project is determined not only by the natural but also by the cost indicators, especially their efficiency, that is, the ratio of results and costs. The project evaluation is carried out at key stages of the project implementation; accordingly, the reasons for achieving/not achieving the planned results are analyzed and it gives an opportunity to evaluate the project's effectiveness and formulate recommendations for further projects.

Compliance with the quality of the project is based on a two-stage algorithm for assessing the quality of project implementation and using the standard scale of desirability of E. Harrington.

The methodology for assessing the quality of the project implementation has been proven during the implementation of the "Project of the arrangement and reconstruction of public transport stops in the city of Fastov". Implementation of the methodology for assessing the quality of project implementation according to the criteria for project implementation (taking into account the intended use of funds, the terms of the project implementation, the quality of the implementation of the project on the safety and comfort of transport services provision) made it possible to assess the level and quality of the project implementation on the basis of available expert information.

The results of the article can be used in further research.

Keywords: draft, program, transport services, method, quality assessment, project management.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день якісне обслуговування пасажирів стало пріоритетним напрямом у процесі надання транспортних послуг населенню. Невідповідність якості транспортних послуг сучасним вимогам є однією з основних проблем функціонування та розвитку транспорту загального користування в містах.

В даний час рівень транспортного обслуговування недостатній як в кількісному, так і в якісному відношенні. Але якщо кількісні показники можуть

бути виправлені за допомогою відповідного розвитку системи перевезень, то для покращення якості, необхідні нові організаційні рішення та підходи. Питання інтеграції теоретичних підходів у практику виконання програм та проектів набувають особливої актуальності та розвитку в малих містах. Відповідно до існуючої концепції управління проектами вся повнота відповідальності за якість надання транспортних послуг покладається на міські ради.

Саме низька якість надання транспортних послуг пасажирських перевезень вказує на те, що на сьогодні ще чітко не розроблені та не сформовані елементи безпосередньо оцінки якості виконання проекту щодо транспортного обслуговування населення.

Враховуючи важливу роль розвитку функціонування пасажирських перевезень транспортом загального користування в даному дослідженні є актуальним рішенням проблем пасажирських перевезень за допомогою управління проектами.

Таким чином, транспорт має забезпечувати доступність та якість транспортних послуг для усіх верств населення відповідно до соціальних стандартів.

Проблеми в галузі управління якістю в проектах перевезень та управління проектами викладені у роботах таких вітчизняних і зарубіжних вчених як Бушуєв С.Д. [1], Бушуєва Н.С. [2], Воркут Т.А. [3], Рач В.А. [4], Воропаєв В.І. [5] та інші.

Досліджено, що вчені створили різні моделі управління програмами та проектами, але ці моделі, створені на різних підходах в управлінні проектами, зорієнтовані на вирішення окремих проектів транспортної галузі і не націлені на вирішення задачі управління якістю та оцінкою транспортних послуг у проектах пасажирських перевезень транспортом загального користування. Передбачається необхідність продовження розробки теоретичних підходів, дослідження системних аспектів моделювання процесів методики комплексної кількісної оцінки якості виконання проектів щодо покращення надання транспортних послуги (пасажирських перевезень) у містах та на їх основі розробка відповідних методів.

Необхідно визначити за якими критеріями характеризується якість транспортних проектів. По-перше, якщо неможливо надати кількісну оцінку, то є можливість визначити критерії, за допомогою яких проект буде рахуватися успішним (прийнятим міською радою). По-друге, кожного проекту є замовник, який зацікавлений в результаті. У даному дослідженні, замовником виступає

міська рада, яка за допомогою виконаного проекту підвищить якість пасажирських перевезень та комфортність пасажирів. Відзначимо, що згідно з цим законом [6] на місцеві органи виконавчої влади покладені такі завдання, як ефективне використання об'єктів транспорту та підвищення якості обслуговування у межах своїх територій.

Отже, можна виділити наступні особливості забезпечення якості (Z) виконання проектів міської ради:

$$Z = \{Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5\}, \quad (1)$$

де Z_1 – якість виконаних проектів транспортних послуг важко оцінити чисельно. Зазначимо, якщо критерії якості товару, як правило, служать цілком вимірювані показники (наприклад, такі як, потужність, термін служби і т.д.), то більшість показників якості проектів транспортної послуги не піддаються кількісній оцінці, їх можна оцінити тільки експертним шляхом (наприклад, такі як культура обслуговування, інформативність і т.д.). Це значно ускладнює процес оцінки рівня якості виконаного проекту. У той же час більшість якісних характеристик, суб'єктивно оцінені пасажирями, можуть бути піддані кількісному вимірюванню міської ради при наявності розробленої методики їх оцінки;

Z_2 – якість проектів щодо пасажирських перевезень, як правило, комплексно, тобто важлива якість кожної послуги (продукту) виконання проекту. Комплексність транспортної послуги є найважливішим критерієм її якості;

Z_3 – мала достовірність попередньої атестації якості виконання транспортної послуги проекту (продукту). Що стосується транспортних послуг то специфіка полягає в тому, що їх неможливо відкликати, виправити після надання. Основними невідповідностями в діяльності можуть бути відхилення від раніше обумовлених критеріїв (параметрів) міської ради та виконавця проекту, а саме таких як: затримка обумовлених раніше термінів виконання послуги щодо проекту, збільшення вартості послуги в процесі виконання, відхилення в інформуванні міської ради про хід виконання проекту та ін. Частина цих критеріїв узгоджується з міською радою перед початком роботи, а частина критеріїв є внутрішнім вимогою виконавця проекту і гарантується за

замовчуванням перед початком співпраці. Усунення виявленої невідповідності можливо тільки в разі виявлення на проміжному етапі виконання проекту. Для цього опрацьовуються можливості усунення невідповідності шляхом поліпшення аналогічних критеріїв на наступних етапах процесу виконання проекту (надання послуги);

Z_4 – безпосередня взаємодія виконавця проекту і міської ради – таким чином замовник сам є учасником технології її виконання. При виконанні проекту міська рада опосередковано може впливати на якість її виконання;

Z_5 – виконавець проекту не є власником результату і провести випробування для об'єктивної перевірки цього результату не завжди можливо. Ця обставина викликає складності при визначенні значень показників якості виконання проекту та комплексній оцінці його рівня. Тому при оцінці якості проекту особливого значення набувають експертні методи оцінки. Дані особливості проекту повинні враховуватися при розробці методів забезпечення їх якості та складанні стандартів якості транспортного обслуговування.

Як було вже відмічено, що на міську раду покладена відповідальність щодо якості виконання проектів. Тому необхідно, визначити за якими критеріями буде перевірятися виконаний проект та сформував алгоритм оцінки якості виконання проектів.

Управління якістю проекту є одним із найважливіших параметрів проекту, якими можливо і необхідно управляти, поряд з часом, вартістю і ресурсами є його якість.

Якість продукту (послуги) проекту оцінюється шляхом точного визначення потреб і очікувань споживачів (пасажирів) і досягається шляхом дотримання системи стандартів на усіх стадіях проекту.

Управління якістю проекту пасажирських перевезень – це система методів, направлених на виконання вимог і очікувань замовника і пасажирів (споживачів) проектного продукту щодо якості самого проекту і його виконання.

Формування множини критеріїв оцінки якості виконання проектів відбувається на основі класичних критеріїв ефективності управління проектами [7], таких як:

$$K = \{K_1, K_2, K_3\}, \quad (2)$$

де K_1 – цільове використання коштів;

K_2 – термін виконання проекту;

K_3 – організаційно-технічне забезпечення виконання проекту.

Для розв'язання багатокритеріальних задач щодо виконаних проектів (якою є і оптимізація якості виконаних проектів, як система управління проектами) використовуються різні методи побудови узагальненого показника, причому одним з найбільш зручних способів виступає узагальнена функція бажаності Є. Харрінгтона [8].

Показники якості виконання проекту визначається, як міською радою (замовником) так і пасажирями (споживачами). Тому велике значення має визначення індексу якості виконання проекту (I_p), який можемо встановити методом експертних оцінок багато чисельних критеріїв якості по формулі:

$$I_p = \sum_{i=1}^n q_i \cdot g_i, \quad (3)$$

де n – число врахування критеріїв якості;

q_i – рейтинг i -го критерію якості;

g_i – важливість i -го критерію якості виконання проекту.

Значимість кожного критерію якості може виражатися в бальних чи інших оцінках, а рейтинг – в частках одиниці загальної оцінки. Істотні методи оцінки якості виконаних проектів мають обмежені можливості. Як правило, вони орієнтовані на проведення оцінки фактичного рівня, тобто існуючого на даний момент часу. При цьому критерії якості проектів можуть бути різноспрямованими, є як кількісними, так і якісними, що ускладнює оцінку роботи виконавця проекту (організації). А від правильності, точності і швидкості їх визначення залежить загальна ефективність якості виконаного проекту.

Так як критерії якості визначаються в більшості випадків експертними методами і виражають суб'єктивні відчуття споживачів послуг (пасажирів), то при проведенні оцінок якості дозволяється використовувати функцію бажаності за формулою Харрінгтона [9]:

$$f = \frac{1}{\sqrt[e]{e}}, \quad (4)$$

де e – основи натурального логарифма;

x – наведене значення досліджуваного параметру об'єкта.

Таким чином, функція f є кривою логістичного виду, визначена в інтервалі $0...1$ і використовується в якості безрозмірної шкали, названої шкалою бажаності для оцінки рівнів показника якості проекту. Функція бажаності, розглянута вище, представлена в стандартному вигляді, коли із зростанням критеріїв зростає бажаність вимірюваної якості.

Маючи оцінки рівнів окремих критеріїв проекту, можна розрахувати рівень виконання якості проекту організацією (виконавцем) за допомогою узагальненої функції бажаності I :

$$I = \sqrt[3]{K_1 K_2 K_3}, \quad (5)$$

де I – оцінка якості проекту за шкалою бажаності.

Якість виконання проекту визначається не тільки натуральними, а й вартісними показниками, перш за все їх ефективністю, тобто співвідношенням результатів і витрат.

Таким чином, виконавцю проекту (організації) для успішного завершення проекту необхідно забезпечити цільове використання коштів, в зазначені терміни та організаційно-технічне забезпечення виконання проекту. За допомогою показників виконання проекту можна оцінити, наскільки задоволеним є населення і виявити, наскільки проект покращує якість пасажирських перевезень по задоволенню потреб населення у перевезеннях та комфортності.

Відзначимо, що перевірити якість виконаного проекту можемо за допомогою застосування соціального моніторингу. Таким чином, доцільно розробити алгоритм оцінки якості виконання проектів, який зображений на рис. 1.



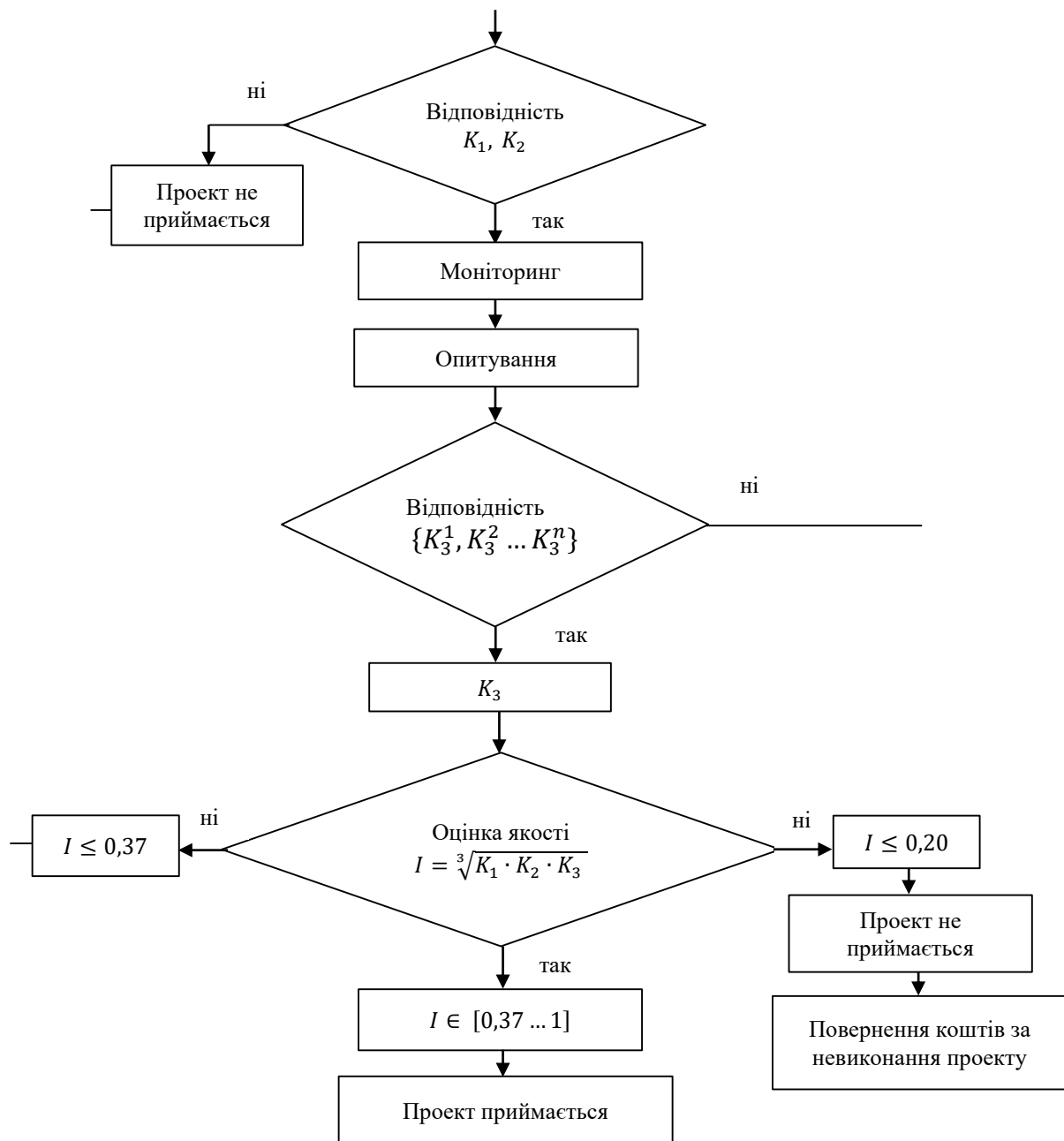


Рисунок 1 – Алгоритм оцінки якості виконання проекту

Отже, відмітимо, що для оцінки та якості виконаного проекту на завершальних етапах обов'язково проводиться моніторинг та оцінка проекту.

Зазначимо, що моніторинг проводиться постійно в ході реалізації проекту та фіксується те, що відбувається в процесі реалізації проекту для порівняння існуючого стану справ з планом. Відповідно, отримана інформація використовується для поліпшення роботи за проектом.

Стосовно оцінки проекту, то вона проводиться на ключових етапах реалізації проекту, відповідно аналізуються причини досягнення/не досягнення

запланованих результатів та дає можливість оцінити ефективність проекту та сформулювати рекомендації для подальших проектів.

Таким чином, застосування методу опитування (експертної оцінки) пасажирів дозволить визначити недоліки/неефективне виконання проекту та підвищить ефективність якості надання транспортних послуг транспортом загального користування.

Відповідність якості виконаного проекту доцільно здійснювати на основі двоступеневого алгоритму оцінки якості виконання проекту та із застосуванням шкали стандартних оцінок бажаності Є. Харрінгтона. Таким чином, міська рада зможе оцінити та контролювати якість виконання проектів.

Застосування методу комплексної оцінки якості виконання проекту надання транспортних послуг реалізовано при виконанні проекту «Проект облаштування та реконструкції зупинок громадського транспорту у м. Фастів».

Реалізація даного методу та розробленого алгоритму дозволяє міській раді м. Фастів перевірити успішність виконаного проекту, тобто чи всі роботи були виконані та на якому рівні.

Застосування запропонованого методу дозволяє провести аналіз результатів виконання проектів, тобто чи буде задоволене населення виконаними проектами (рис. 2).

Отже, для перевірки якості виконання проектів, тобто чи всі роботи було виконано, узагальнюючого критерію якості соціальних потреб проекту порівнюється за допомогою шкали стандартних оцінок шкали бажаності Є. Харрінгтона (табл. 1).

Зазначимо, що за допомогою шкали бажаності якості соціальних потреб населення було визначено ефективність та якість виконаного проекту. Незалежними експертами оцінювання проекту безпосередньо є пасажирів, які користуються транспортом загального користування.





Рисунок 2 – Комплексна оцінка якості виконання проекту надання транспортних послуг

Таблиця 1 – Шкала бажаності якості виконаного «Проект облаштування та реконструкції зупинок громадського транспорту у м. Фастів» соціальних потреб населення

Бальна оцінка якості проекту	Бажаність	Значення функції бажаності	Характеристика якості виконаного проекту
5	дуже добре	1,00 ... 0,80	Високий рівень виконання проекту – висока якість послуг, що надаються виконавцем (організацією).
4	добре	0,80 ... 0,63	Прийнятний рівень якості виконання проекту.
3	задовільно	0,63 ... 0,37	Проект вимагають негайних заходів по підвищенню якості.
2	погано	0,37 ... 0,20	Якісний рівень виконаного проекту не відповідає цілям і задачам міської ради, та потребує перероблення проекту.
1	дуже погано	0,20 ... 0,00	Проект не приймається (повернення коштів міській раді за невиконання проекту).

Оскільки значення функції бажаності $I=0,79$, то рівень якості виконаного проекту прийнятний. Відповідно, за бальною оцінкою оцінюється на «4», та ступінь бажаності «добре».

Висновок

Таким чином, застосування методу щодо виконаного «Проект облаштування та реконструкції зупинок громадського транспорту у м. Фастів» полегшило роботу міській раді оцінити якість виконаного проекту. За результатами виконаного проекту міська рада прийшла до висновку, що виконавець вчасно та якісно виконав проект, при цьому – цільове використання коштів за проектом, відповідно проект був прийнятий.

Ефективність від впровадження проекту методики оцінки якості виконання проекту доведена при реалізації «Проект облаштування та реконструкції зупинок громадського транспорту у м. Фастів» з урахуванням комплексних показників кількісної та якісної оцінки, задоволення потреб населення збільшилась на 20-23%, а якість виконання проекту зросла на 18-21%.

Література

1. Бушуев С.Д. Развитие систем знаний и технологий управления проектом. – Управление проектами, 2(2), 2005. – М.: ИД «Гребенников» – СОВНЕТ.
2. Бушуева Н.С. Модели и методы проактивного управления программами организационного развития: Монография. / Наталия Бушуева. – К.: Науковий світ, 2007. – 200 с.
3. Воркут Т.А. Проектный анализ [Текст] / Т.А. Воркут. – К.: Український центр духовної культури, 2000. – 440 с.
4. Рач В.А. Наукова цінність дисертаційних досліджень і шляхи її підвищення в області управління проектами і програмами / В.А. Рач // Управління проектами та розвиток виробництва. – 2010. – №2 (34). – С.51-58.
5. Воропаев В.И. Управление проектами в России: основные понятия, история, достижения, перспективы / В.И. Воропаев. – М., 1995.
6. Про транспорт: Закон України від 10 листопада 1994 року № 232/94 зі змінами та доповненнями // [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/232/94-вр>.
7. Васильев Д.К. Типовые решения в управлении проектами / Д. Васильев, А. Заложнев, Д. Новиков, А. Цветков. – М.: ИПУ РАН, 2003. – 75 с.
8. Harrington E.C. / Industry / Quality Control, 1965. – №10. – p. 21.
9. Пичкалев А.В. Применение кривой желательности Харрингтона для сравнительного анализа автоматизированных систем контроля // Вестник КГТУ. – Красноярск, 1997. – С. 128–132.

Рецензенти:

Славінська О.С., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.
Харченко А.М., канд. техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Slavinska O.S., Dr. Tech. Sci., National Transport University.
Kharchenko A.M., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **08.06.2017 р.**

УДК 656.078, 656.13.072/.073

Ширяєва С.В., канд. техн. наук, Свірін Д.О.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСУ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ ПРИ ВИКОНАННІ МІЖНАРОДНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Анотація. При виборі ланцюгів постачань використовується багато критеріїв, зокрема час доставки, надійність, ціна, відстань тощо. Важливим критерієм є час доставки вантажів при міжнародних автомобільних перевезеннях. При дослідженні часу доставки вантажів при міжнародних автомобільних перевезеннях важливим є дослідження часу роботи та відпочинку водіїв. Розраховано графік роботи руху водія (водіїв) згідно положень ЄУТР. Проаналізовано розрахункові та фактичні варіанти доставки вантажів АТЗ з одним та двома водіями. Запропоновано шляхи вирішення проблем пов'язаних з міжнародними автомобільними перевезеннями вантажів.

Ключові слова: час доставки вантажів, міжнародні автомобільні перевезення, ланцюги постачань

УДК 656.078, 656.13.072/.073

Ширяева С.В., канд. техн. наук, Свирина Д.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕНИ ДОСТАВКИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ МЕЖДУНАРОДНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ

Аннотация. При выборе цепей поставок используется много критериев, в частности время доставки, надежность, цена, расстояние и тому подобное. Важным критерием является время доставки грузов при международных автомобильных перевозках. При исследовании времени доставки грузов при международных автомобильных перевозках важным является исследование времени работы и отдыха водителей. Рассчитан график работы движения водителя (водителей) согласно положениям ЕСТР. Проанализированы расчетные и фактические варианты доставки грузов АТС с одним и двумя

водителями. Предложены пути решения проблем, связанных с международными автомобильными перевозками грузов.

Ключевые слова: время доставки грузов, международное автомобильное сообщение, цепи поставок

UDC 656.078, 656.13.072/.073

Shyriaieva S., Cand. Eng. Sci. (Ph.D), Svirin D.

INVESTIGATION OF THE TIME OF DELIVERY IN THE PERFORMANCE OF INTERNATIONAL ROAD TRANSPORT OF GOODS

Abstract. When choosing supply chains, many criteria are used, including delivery time, reliability, price, distance, etc. An important criterion is the time of delivery of goods in international road haulage. When investigating the time of cargo delivery in international road haulage, it is important to investigate time of work and rest of drivers. The schedule of work of the driver (drivers) movement is calculated according to the provisions of the EUTR. The analyzed and actual variants of deliveries of ATZ cargoes with one and two drivers are analyzed. The ways of solving problems connected with international road freight transportation are offered.

Key words: freight delivery time, international car connection, supply chain.

Вступ

Сучасний ринок надання транспортних послуг характеризується підвищеними вимогами до вчасної доставки вантажів до місця призначення.

Для ефективного функціонування економіки країни, зокрема транспортної галузі, передбачається постановка задачі дослідження часу доставки вантажів та знаходження шляхів мінімізації затрат часу на транспортування в міжнародному автомобільному сполученні.

Загальні проблеми управління на транспорті та організації перевезень висвітлені в дослідженнях Воркута А.І., Костюченко Л.М., Коваленко В.М., Вельможина Л.В., Гудкова В.А., Міротіна Л.Б., Кунди Н.Т., Коцюка О.Я. та інших науковців. Питанням підвищення ефективності транспортного процесу присвячені наукові роботи багатьох вітчизняних та зарубіжних вчених, таких як Процик О.П. «Дослідження тривалості процесу доставки вантажів» 2016 р. [1],

С.І. Бондарева, «Вдосконалення методики розрахунку часу доставки вантажів при міжнародних автоперевезеннях» 2013 р. [2] та Н. В. Пономарьова, І. А. Бабич, «Аналіз впливу режимів праці і відпочинку водіїв (РПВВ) на ефективність доставки вантажів у міжнародному сполученні» 2011 р. [3].

У статті [1] запропоновано підхід, що до визначення терміну доставки вантажів, за допомогою методу побудованого на співпадінні законів розподілу випадкових величин. В роботі [2] метою досліджень є обґрунтування функціональної моделі, що дозволяє ефективно узгоджувати роботу автотранспортних і навантажувально-розвантажувальних засобів у заданих часових обмеженнях. В роботі добре розібраний етап навантаження (розвантаження), за рахунок чого автор і прагне вдосконалити методику розрахунку часу доставки вантажів. Проте недоліком являється вузька спрямованість методу, лише на один з етапів транспортування. В роботі [3] досліджено вплив РПВВ на термін доставки вантажів у міжнародному автомобільному сполученні. Метою роботи є підвищення ефективності виконання міжнародних перевезень за рахунок впровадження в транспортний процес раціональних РПВВ.

Основна частина

У статті [7] досліджені види логістичних ланцюгів. Визначено що організаційна структура ланцюга поставок може бути різноманітною і залежить від множини показників. При виборі ланцюгів постачань використовується багато критеріїв, зокрема час доставки, надійність, ціна, відстань тощо. Важливим критерієм є час доставки вантажів при міжнародних автомобільних перевезеннях, який визначається за формулою:

$$T_d = t_n + t_{tr} + t_{mk} + t_p + t_{of} + t_{pz} + t_{p0} \quad , \quad (1)$$

де T_d – час доставки вантажу, год;

t_n – час навантаження вантажу;

t_{tr} – час транспортування вантажу;

t_{mk} – час митного контролю;

t_p – час розвантаження вантажу;

t_{of} – час оформлення документів;

t_{pz} – час простоїв;

t_{p0} – подача автомобіля (нульовий пробіг).

При дослідженні часу доставки вантажів при міжнародних автомобільних перевезеннях вантажів важливим є дослідження часу роботи та відпочинку водіїв.

Для зручності користування основні положення «Європейської угоди щодо роботи екіпажів транспортних засобів, які виконують міжнародні автомобільні перевезення» (ЄУТР), з урахуванням Поправки №6, зведені в Таблицю обліку часу за кермом і часу відпочинку водіїв (Таблиця 1). [5]

Таблиця 1 – Основні положення ЄУТР

Щоденний період керування: норма: продовжений:	9 годин; дозволяється до 10 годин два рази на тиждень
Період керування, що дозволяється: Щотижня: Протягом двох послідовних тижнів:	Дозволяється до 56 годин, під час 6 періодів щоденного керування; 90 годин
Максимальний час безперервного керування	4 години 30 хвилин
Перерви	Тривалість не менше 45 хвилин - після періоду безперервного керування - або може бути розділена тільки на 15 хвилин та наступні 30 хвилин, розподілені на період керування
Щоденний відпочинок (1 водій) Норма: Скорочений: Розділений на частини: (2 водії)	11 безперервних годин протягом кожних 24 години; 9 безперервних годин, але менше 11 годин 3 рази на тиждень, без компенсації відпочинку; Дозволяється: відпочинок продовжується до 12 годин у випадку поділу його тільки на 2 частини, при цьому перша частина повинна тривати не менше 3 послідовних годин та друга – безперервно 9 годин; 9 безперервних годин протягом 30 годин після щоденного або щотижневого відпочинку

Час доставки вантажів з урахуванням основних положень ЄУТР визначається за формулою:

$$T_d = t_{кер} + t_{відп} + t_{роб}, \quad (2)$$

де $t_{кер}$ – час керування автотранспортним засобом (АТЗ), год;

твідп – час відпочинку водія (водіїв);

троб – час робочий активний.

Складові часу доставки вантажів згідно ЄУТР наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Умовні позначки та опис складових часу доставки вантажів згідно ЄУТР

	Керування (ткер)	Час керування АТЗ
	Відпочинок (твідп)	Час відпочинку – це перерви в роботі та періоди відпочинку на стоянці, у готелі, кемпінгу або у кабіні водія, якщо вона обладнана спальним місцем
	Робота (троб)	Час робочий активний – це період, коли водій не виконує своїх безпосередніх зобов'язань, проте зайнятий будь-якою іншою працею (поза кабіною ТЗ): ремонт, обслуговування ТЗ, заправка, мийка, участь у завантажувально-розвантажувальних роботах тощо

Розробимо графік руху АТЗ на маршруті м. Клесів (Україна) – м. Вольфсбург (Німеччина) при роботі 1 водія та 2 водіїв згідно з вимогами ЄУТР до міжнародних автомобільних перевезень.

Графік руху АТЗ за маршрутом м. Клесів – м. Вольфсбург з одним водієм:

1. Рух по Україні – відстань 535 км;
 - час на навантаження і митне оформлення – 24 години;
 - час на проходження митниці – 12 годин;
 - Час їздки по Україні – 67 години 00 хвилин.
2. Рух по Польщі відстань – 725 км;
 - Час оформлення документів на кордоні – 45 хв.;
 - Час їздки по Польщі – 23 години 00 хвилини.
3. Рух по Німеччині – відстань 300 км;
 - Розвантаження і митне оформлення для експорту – 24 години;
 - Час їздки по Німеччині – 39 годин.

Загальний час їздки складає 129 годин, тобто 5 діб 9 годин.

Графік роботи руху АТЗ за маршрутом м.Клесів – м.Вольфсбург з двома водіями:

1. Рух по Україні – відстань 535 км;
 - Час на навантаження і митне оформлення - 24 години;
 - Час на проходження митниці - 12годин;
 - Час їздки по Україні - 64 години 15 хвилин.
2. Рух по Польщі - відстань 725 км;

- Час оформлення документів - 30 хвилин;
- Час їздки по Польщі - 19 годин 15 хвилин.
- 3. Рух по Німеччині - відстань 300 км;
- Розвантаження і митне оформлення для експорту - 24 години;
- Час їздки по Німеччині - 29 годин 30 хвилин.
- Загальний час їздки складає 113 години, тобто 4 доби 17 годин.

Графік роботи руху АТЗ представлено на рисунку 1.

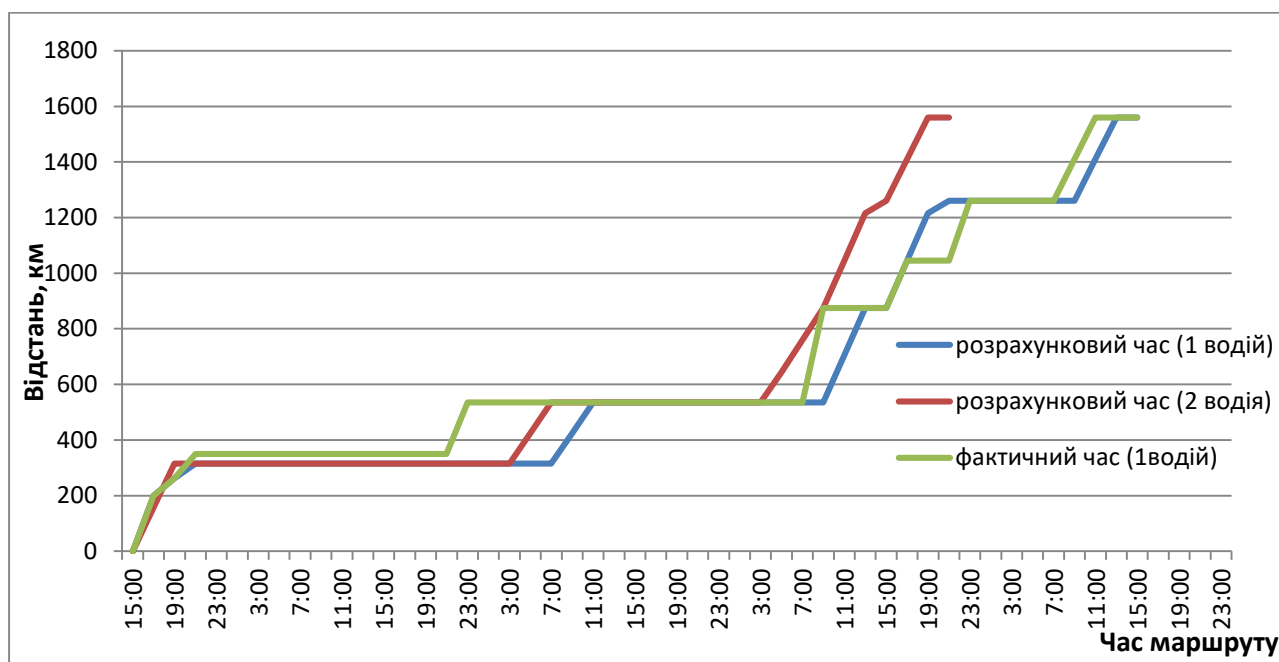


Рисунок 1 – Графік роботи руху АТЗ на маршруті м. Клесів – м. Вольфсбург

З графіка видно, що з двома водіями час доставки вантажів значно менший за інші варіанти, але для перевезень на такі відстані це витратніше ніж з одним водієм. При порівнянні розрахункового та фактичного часу доставки вантажів з одним водієм виявлено, що різниця часу не така велика, але на це впливає багато факторів, зокрема час простою та проходження митного кордону (що не завжди відповідає прийнятим нормам).

Проаналізуємо розрахункові (згідно ЄУТР) та фактичні складові часу доставки вантажів для варіантів роботи АТЗ з одним та двома водіями. Дані зведені у таблицю 3.

Таблиця 3 – Розрахункові та фактичні складові часу доставки вантажів за маршрутом м. Клесів (Україна) – м. Вольфсбург (Німеччина)

Ділянки маршруту	Складові часу доставки вантажів								
	фактичні (1 водій)			розрахункові (1 водій)			розрахункові (2 водія)		
	ткер	твідп	троб	Ткер ¹	Твідп ¹	Троб ¹	Ткер ²	Твідп ²	Троб ²
Бортничі – Ягодин	10,06	43,54	1,10	7,15	47,45		7,15	45	
Дорохуск – Франфурт Одер	9,15	14,15	0,30	9,45	23,15		9,45	19,30	
Франфурт Одер – Вольфсбург	5,05	18,40	0,20	4	25		4,30	25	
Всього	24,26	76,51	2,0	21	96	2,0	21,30	79,30	2,0

Питому вагу розрахункових та фактичних даних часу доставки вантажів [6] на маршруті м. Клесів – м. Вольфсбург представлено відповідно у вигляді діаграм на рис. 2, 3.

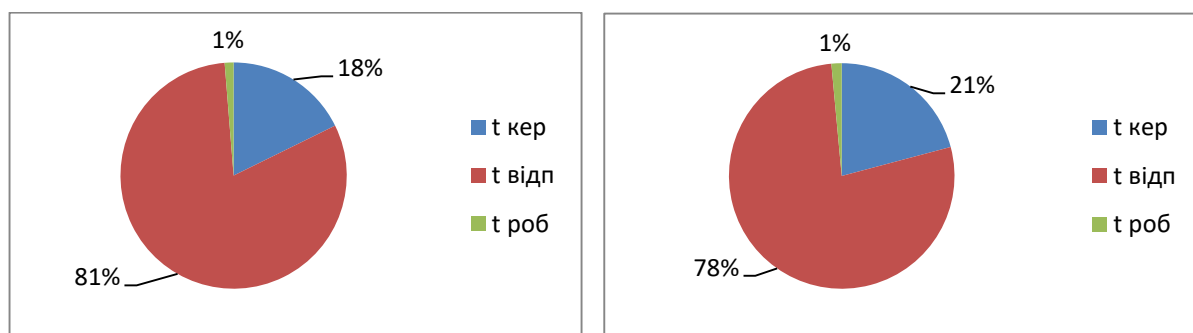


Рисунок 2 – Розрахунковий час доставки (1 водій / 2 водія)

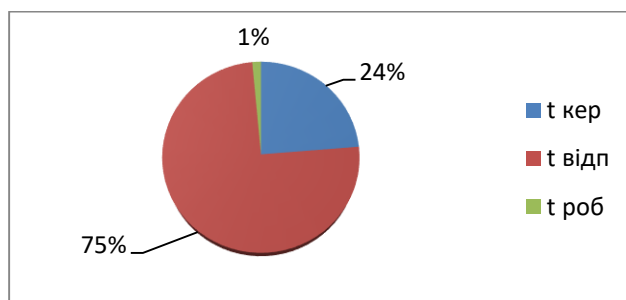


Рисунок 3 – Фактичний час доставки (1 водій)

При аналізі питомої ваги складових часу доставки вантажів виявлено, що є відхилення, пов'язані з порушенням вимог ЄУТР, часом навантажувально-розвантажувальних робіт, часом проходження прикордонного переходу, поганим покриттям доріг на українській території, що зменшує швидкість доставки тощо [6].

Отже, для оптимізації часу доставки вантажів АТЗ у міжнародному автомобільному сполученні запропоновано: дотримуватися РПВВ, посилити контроль за виконанням вимог ЄУТР, удосконалити місця навантаження-

розвантаження вантажів, митного контролю та прикордонних переходів, а також транспортну інфраструктуру, щоб мінімізувати затрати часу на простої АТЗ.

Висновки

При виборі ланцюгів постачань використовується багато критеріїв, зокрема час доставки, надійність, ціна, відстань тощо. Важливим критерієм є час доставки вантажів при міжнародних автомобільних перевезеннях.

При дослідженні часу доставки вантажів при міжнародних автомобільних перевезеннях важливим є дослідження часу роботи та відпочинку водіїв. Розраховано графіки роботи руху водія (водіїв) згідно положень ЄУТР на маршруті м. Клесів – м. Вольфсбург, та визначено, що при роботі з одним водієм час рейсу складатиме 129 годин, а з двома водіями – 113 годин. При аналізі розрахункових та фактичних варіантів доставки вантажів АТЗ виявлено, що питома вага часу доставки вантажів має відхилення 3%. Запропоновано шляхи вирішення проблем пов'язаних з міжнародними автомобільними перевезеннями вантажів.

Література

1. Процик О.П. Дослідження тривалості процесу доставки вантажів. / Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2016. – Вип. 1 (34).
2. Бондарева С.І. Вдосконалення методики розрахунку часу доставки вантажів при міжнародних автоперевезеннях. К., 2013.
3. Пономарьова Н. В. Аналіз впливу режимів праці і відпочинку водіїв (РПВВ) на ефективність доставки вантажів у міжнародному сполученні/ Пономарьова Н. В., Бабич І. А. К., 2011.
4. Воркут А.І. Вантажні автомобільні перевози.
5. Автомобільні перевезення; Захист та експертиза у справах про ДТП/ Ізовітова Л.П., Костюченко Л.М. К., 2016.
6. Свірін Д.О. Аналіз стану міжнародних автомобільних перевезень вантажів в Україні / С.В. Ширяєва, Д.О. Свірін // Вісник Національного транспортного університету, серія «Технічні науки». К.: НТУ, 2016. Вип. 34.
7. Ширяєва С.В. Дослідження логістичних ланцюгів постачань при виконанні міжнародних автомобільних перевезень вантажів / С.В. Ширяєва, Д.О. Свірін // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. К.: НТУ, 2017. Вип. 1 (36).
8. Логістика [Текст]: Навч. посіб. / Н. М. Тюріна, І. В. Гой, І. В. Бабій. К.: «Центр учбової літератури», 2015. 392 с.

Рецензенти:

Славінська О.С., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.
Харченко А.М., канд. техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Slavinska O.S., Dr. Tech. Sci., National Transport University.
Kharchenko A.M., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **28.06.2017 р.**

ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК 556.531 + 519.24.001

Артеменко В.А., Петрович В.В., канд. техн. наук

МЕТОД ВІДНОВЛЕННЯ ПРОПУСКІВ В ГІДРОХІМІЧНИХ ЧАСОВИХ РЯДАХ

Анотація. Розроблено метод відновлення суцільних пропусків в гідрохімічних часових рядах.

Об'єкт дослідження: ряди середньодобових значень концентрацій нітратних та аммонійних йонів, *мг/л*.

Мета роботи: розробка методу відновлення надвеликих пропусків у часових рядах гідрохімічних даних по ряду витрат води.

Метод дозволяє відновлювати пропуски в рядах на термін один рік і більше.

Ключові слова: гідрохімічні та гідрологічні часові ряди, витрати води в річці, відновлення безперервних пропусків в гідрохімічних рядах за довгостроковий період.

УДК 556.531+519.24.001

Артёменко В.А., Петрович В.В., канд. техн. наук

МЕТОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРОПУСКОВ В ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ВРЕМЕННЫХ РЯДАХ

Аннотация. Разработан метод восстановления сплошных пропусков в различных гидрохимических временных рядах.

Объект исследования: ряды среднесуточных значений концентраций нитратных и аммонийных йонов, *мг/л*.

Цель работы: разработка метода восстановления сверхбольших пропусков во временных рядах гидрохимических данных по ряду расходов воды.

Метод позволяет восстанавливать пропуски в соответствующих рядах на срок один год и более.

Ключевые слова: гидрохимические и гидрологические временные ряды, расход воды в реке, восстановление непрерывных пропусков в гидрохимических рядах за долгосрочный период.

UDC 556.531+519.24.001

Artemenko V., Petrovych V., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.)

METHOD FOR RECONSTRUCT UNCEASING GAPS IN HYDROCHEMICAL TIME SERIES

Abstract. Designed method allows adequately reconstruct unceasing gaps in different hydrochemical time series for period one year and more.

Object of the study there are time series of water discharge and concentration of $[NO_3^-]$ and $[NH_4^+]$ ions.

Purpose of the study there is development of the method of the reconstruction very-large-scale gap given concentration time series by water discharge time series.

Keywords: hydrochemical time series, water discharge, unceasing gaps reconstruction.

*Требуются очень глубокие знания,
чтобы заметить простейшие,
но подлинные отношения вещей между собой.
Г.К. Лихтенберг*

Введение

Процессы, происходящие в гидроэкологической системе, можно охарактеризовать при помощи различных временных рядов (гидрологических, климатических, гидробиологических, гидрохимических и других).

Одна из актуальных задач при этом является задача восстановления таких рядов в случае наличия неполных исходных данных.

Однако вопросы восстановления многолетних временных рядов различных гидроэкологических показателей, которые определяют основные характеристики водных объектов, остаются до настоящего времени мало изученными.

Численные эксперименты, проведенные авторами с использованием самых современных методов, основанных на различных подходах к прогнозированию,

показали, что большинство рядов с удовлетворительным качеством восстанавливаются всего на несколько точек.

При этом восстановить сверхбольшие пропуски в рядах обычно не удается.

Так, например, восстановить ряд среднесуточных значений концентраций химических веществ в воде по меньшей мере за один год (т. е. на 365 точек) или даже более, имея только данные по этим концентрациям за годы предыдущие, - задача в настоящее время практически нереальная.

Вместе с тем в [1] был приведен метод восстановления сверхбольших пропусков в рядах одного водного объекта по полным рядам другого водного объекта, где в качестве исходных данных фигурировали только гидрологические ряды.

Поскольку в любой экологической системе целый ряд параметров взаимосвязан [2], вполне возможно также восстановление одних временных рядов по качественно другим временным рядам.

Как известно, существует связь между величиной стока и концентрацией химических веществ в воде. Имея полный временной ряд среднесуточных расходов Q за N лет, а также ряд среднесуточных значений концентраций веществ в воде C за $(N-j)$ лет, можно восстанавливать недостающие значения ряда концентраций.

Методика исследования

В качестве примера рассмотрим метод восстановления сверхбольших пропусков во временных рядах нитратных и аммонийных ионов с помощью данных по расходам воды для одного из крупных водных объектов Украины.

Для выполнения расчетов воспользуемся базой данных по среднесуточным значениям расходов воды Q , $м^3/с$, а также среднесуточным значениям концентраций нитратных $[NO_3^-]$ и аммонийных $[NH_4^+]$ ионов, $мг/л$, за период с 1991 по 2010 год включительно (без пропусков). Для упрощения вычислений значения данных за 29 февраля высокосных годов из рассматриваемых рядов исключались.

При проведении численных экспериментов из исходных данных искусственно удалялись среднесуточные значения по концентрациям веществ в реке за последний год наблюдений (с 01.01 по 31.12.2010 года).

В результате оперировали среднесуточными данными по расходам воды за 20-летний период и среднесуточными данными по концентрациям веществ в реке, но только за 19-летний период.

Располагая соответствующими данными для значений Q , $[NO_3^-]$ и $[NH_4^+]$, попытаемся восстановить данные по концентрациям C за весь 2010 год (365 значений).

Для этого первоначально сформируем траекторные матрицы для Q , $[NO_3^-]$ и $[NH_4^+]$, где каждая строка матрицы есть данные для одного года.

При этом, если строка I матрицы Q – это данные по расходам для конкретного N -го года, то и соответствующая строка матрицы C обязана быть данными для этого же года (см. рис. 1).

То есть обязательно должно выполняться соответствие по годам в строках матриц Q и C .

Далее ищем аналог для последней строки траекторной матрицы Q (т.е. для 2010 года) среди оставшихся 19-ти строк этой матрицы. Последовательно просматривая строки матрицы Q , находим наилучший аналог в этой матрице. Для поиска аналога можно использовать евклидову норму (метрику).

Аналог для расходов воды за 2010 год – это та строка траекторной матрицы Q , где норма разности строк (последней строки и текущей) принимает минимальное значение.

Заметим, что в работе использован термин «норма» как это понимают в математике, а точнее, в нотации языка программирования **MATLAB** (поскольку под «нормой», например, в гидрометеорологии понимают другое).

Определив индекс наилучшего аналога (пусть, в данном случае, $INDX=3$, т.е. это третья сверху строка матрицы Q), находим также год, соответствующий этому аналогу.

В нашем случае это 1993 год.

Далее будем полагать, что аналоги для Q порождают аналоги и для концентраций веществ C .

Если найденному аналогу отвечает строка A матрицы Q , то соответствующая строка A матрицы C и будет искомой концентрацией.

Другими словами, строка в матрице концентраций с индексом наилучшего аналога, найденного для матрицы Q , будет ответом данной задачи.

При этом можно искать не один, а несколько наилучших аналогов. В этом случае ответ получаем усреднением найденных аналогов в матрице C (обычным или взвешенным усреднением нескольких найденных значений в строках матрицы соответствующих концентраций).

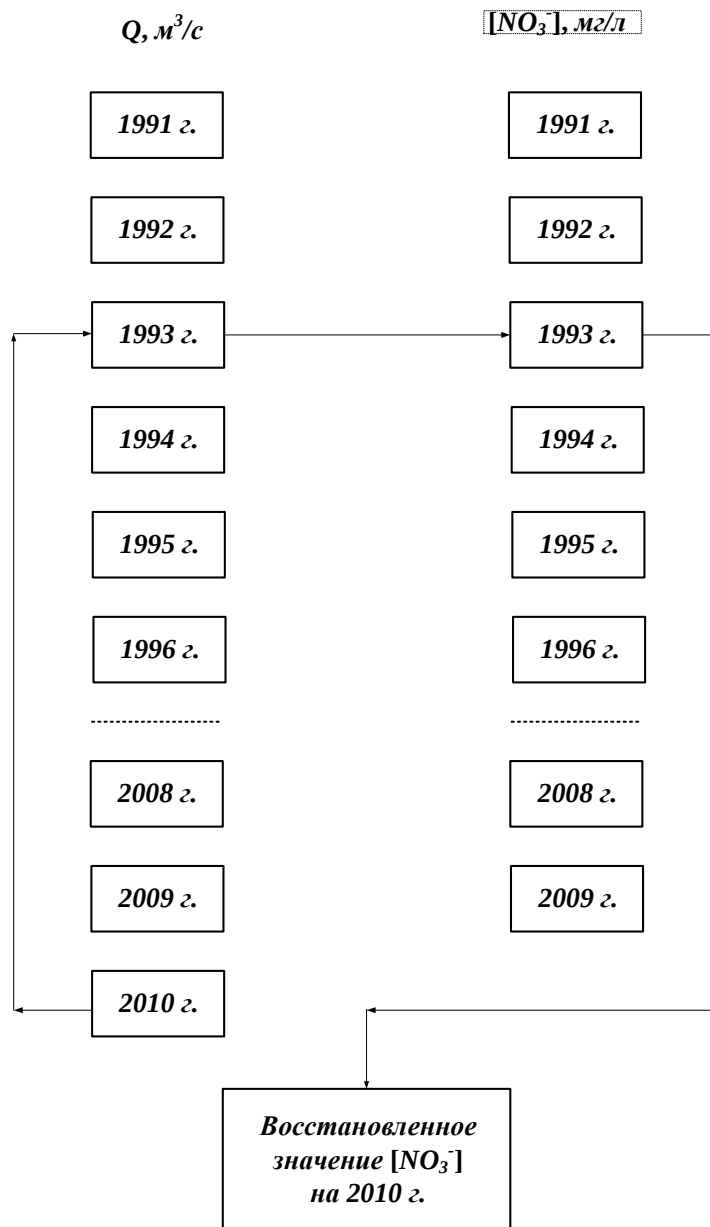


Рисунок 1 – Схема поиска вектора концентрации $[NO_3^-]$ по наилучшему аналогу в матрице расходов

Заметим, что для адекватного восстановления концентраций по ряду расходов не требуется наличия значительных объемов данных. Как показали эксперименты, даже если база данных содержит значения по расходам всего за 5...7 лет, можно уже получать вполне приемлемые результаты.

Кроме того, данная модель восстановления гидрохимических показателей по временным рядам расходов позволяет в дальнейшем более правильно предсказывать наступление аномальных режимов в гидроэкологической системе.

Следует обратить внимание на следующее.

На первый взгляд может показаться, что разработанный метод восстановления пропусков в различных гидроэкологических рядах есть некоторым образом модифицированный метод локальной аппроксимации (метод *LA*), исследования по адаптации которого к природным рядам проводились авторами ранее [3].

Однако между методом *LA* и данным методом существует большая разница, причем на качественном уровне.

1. Метод *LA* оперирует только с данными одного вида. Если необходимо восстановить часть временного ряда, выполняем соответствующее восстановление ряда на 1; 2; 3; ... точки.

При этом другие ряды, характеризующие данный водный объект, принципиально не задействуются.

2. В методе *LA* четко прослеживается порог предсказуемости. В нашем методе понятие порога предсказуемости вообще не рассматривается.

Если, например, восстановление ряда $[NO_3^-]$ методом *LA* возможно на 5...7 точек, то для данного метода вполне реально восстановление ряда на 365 и даже более точек!

3. Метод *LA* полагает, что подлежащий восстановлению ряд порождается динамической системой, где в полной мере возможно применение процедуры Такенса и других соответствующих методов анализа и прогноза. Однако, как показал наш опыт работы, временной ряд концентраций не является в полной мере динамической системой. Так, используя данную программу восстановления ряда Y по ряду X одной и той же динамической системы модельного хаотического ряда, мы не получаем результатов даже удовлетворительного качества.

В то же время приведенный метод долгосрочного восстановления различных природных временных рядов по качественно другим природным рядам в своём большинстве дает достаточно хорошие результаты.

Так, проведенные эксперименты по восстановлению ряда концентраций одних химических веществ по рядам концентраций других химических веществ в реке также дали результаты вполне удовлетворительного качества.

Особенности программной реализации метода

Программа выполнена на языке программирования **MATLAB** и таким образом, что может быть также реализована в её бесплатных аналогах **OCTAVE**

и **FREEMAT**. При этом возможна работа не только в **OC WINDOWS**, но также в **OC LINUX**.

Поскольку авторами ранее разработано большое количество процедур для прогнозирования различных природных временных рядов на основе разновидностей метода локальной аппроксимации (метода **LA**), часть из них была использована и в данном случае.

Так, практически без модификаций была использована процедура нахождения аналогов.

Программа не обязательно требует последовательного расположения данных в строках матриц год за годом и в направлении увеличения времени сверху вниз (см. рис. 1), допуская также произвольное расположение данных по годам. Однако при этом требует для всех матриц одного и того же закона в расположении данных по годам.

Вследствии особенностей языка программирования **MATLAB** какие-либо специальные процедуры для загрузки исходных данных, сохранения результатов расчетов, вывода графиков и индексации массивов (матриц) не выполнялись.

Программа работает с различными природными рядами и показала устойчивость в работе при максимальной простоте в эксплуатации.

Оценка достоверности полученных результатов

Вопрос о том, что зависимости вида $[NO_3^-] = \Phi(Q)$ и $[NH_4^+] = \Psi(Q)$ действительно реальны, выясняется исключительно при восстановлении одного ряда по другому ряду (в данном случае ряда концентраций по ряду расходов).

Будем считать, что такие зависимости существуют, если ряд реальный, данные по которому у нас также есть (см. выше), и ряд восстановленный имеют линейный коэффициент корреляции, равный 0,7 или более.

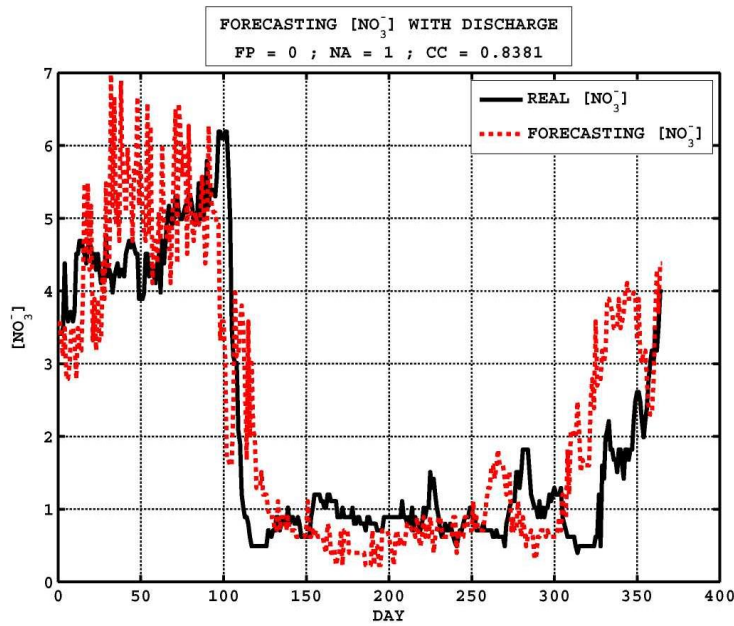
В результате проведенных расчетов оказалось, что коэффициент корреляции между реальными и восстановленными значениями для рядов $[NO_3^-]$ оставался всегда существенно большим, чем значение 0,7.

Однако данный метод восстановления работает не для всех природных рядов. Так, восстановление временного ряда $[NH_4^+]$ по ряду расходов Q выполнить не удалось (см. ниже).

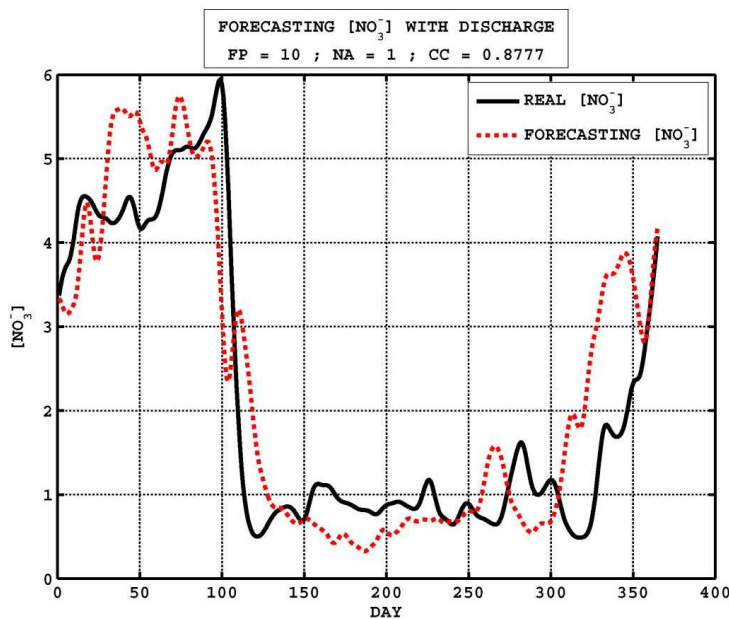
Результаты численных экспериментов и их обсуждение

Было выполнено восстановление временного ряда концентраций ионов $[NO_3^-]$ по временному ряду расходов Q на 2010 год (рис. 2).

На рис. 2 а приведены как истинные, так и восстановленные данные для этого ряда.



а)



б)

а) фильтрация исходного ряда отсутствует (Filter Parameter = 0); б) при 10-кратной фильтрации исходного ряда

Рисунок 2 – Результаты восстановления ряда $[NO_3^-]$ по временному ряду расходов на 2010 год для случая одного аналога (NA=1)

Линейный коэффициент корреляции CC между реальными и восстановленными значениями получился достаточно высоким ($CC=0,8381$), что заметно выше установленного порога 0,7.

Учитывая тот факт, что осцилляции необработанных рядов делают их практическое использование затруднительными, в дальнейшем проводилась также фильтрация этих рядов.

Фильтрация осуществлялась с помощью классического линейного трехточечного фильтра, работающего согласно соотношения

$$SS(J)=\frac{S(J-1)+S(J)+S(J+1)}{3},$$

где SS – профильтрованный ряд;

S – исходный временной ряд.

Поскольку цифровая фильтрация проводилась в разумных пределах, качественно общие тенденции ряда она не меняла.

Так, после проведенной фильтрации (FP=10) график стал более пригодным для практического использования (рис. 2б). Был получен еще более высокий коэффициент корреляции $CC=0,8777$.

Что касается результатов восстановления ряда $[NH_4^+]$ по ряду значений Q, то восстановить этот ряд данным методом практически не получилось (линейный коэффициент корреляции $CC=-0,1609$).

Фильтрация исходных данных (FP=10) только несколько улучшила визуальное восприятие графика ($CC=-0,1774$).

Следует особо отметить, что восстановить значения ряда аммонийного азота даже на несколько точек другими известными методами также не удавалось.

Выводы

1. Разработан метод восстановления временного ряда концентраций различных химических веществ по ряду расходов воды в реке. Выполнено в качестве примера восстановление ряда концентраций одного из важнейших биогенных ионов, - йона $[NO_3^-]$ по ряду расходов воды.

Предложенным методом можно восстанавливать сплошные пробелы в исходных данных, превышающие по времени несколько лет (как последовательно, так и выборочно по годам).

Линейный коэффициент корреляции между реальными и восстановленными значениями ряда $[NO_3^-]$ всегда оставался большим значения 0,7.

2. В большинстве случаев рассмотренным методом можно адекватно восстанавливать многие гидрохимические ряды. При этом следует отметить, что отдельные временные ряды концентраций химических веществ данным методом восстановить не удавалось (например, ряды концентраций $[NH_4^+]$).

3. Проведенные предварительные численные эксперименты по восстановлению ряда концентраций одних химических веществ по временным рядам концентраций других химических веществ в реке также дали результаты вполне удовлетворительного качества.

Литература

1. Артёменко В.А. Метод восстановления сверхбольших пропусков в гидрологических временных рядах/ В.А. Артёменко, В.В. Петрович// Автомобільні дороги і дорожнє будівництво, вип. 93. – К.: Вид-во Націон. трансп. ун-ту. – 2015. –С. 150-156.
2. Одум Ю.Экология. –Т.1. –М.: Мир, 1986. -328 с.; –Т.2. –М.: Мир, 1986. -376 с.
3. Артеменко В.А. Прогнозування нерегулярних часових рядів методом локальної аппроксимації/ В.А. Артеменко, В.В. Петрович// Автомобільні дороги і дорожнє будівництво, вип. 86. – К.: Вид-во Націон. трансп. ун-ту. – 2012. –С. 176-195.

Рецензенти:

Кузло М.Т., д-р техн. наук, Національний університет водного господарства та природокористування.

Хрутьба В.О., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Kuzlo M.T., Dr. Tech. Sci., National University of Water and Environmental Engineering.

Hrutba V.O., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **20.05.2017 р.**

УДК 625.72:504.06:004.4

Зюзюн В.І., Парасюк Л.В., Кравець О.Ю.

**ОСОБЛИВОСТІ СОЦІАЛЬНО-ЕКОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ ПРОЕКТУ
РЕКОНСТРУКЦІЇ ДОРОГИ В УРБАНІЗОВАНОМУ
ТА ПОЗАМІСЬКОМУ СЕРЕДОВИЩІ**

Анотація. Проведено аналіз основних видів проектів, що фінансуються Світовим банком. Визначено механізм екологічної та соціальної оцінки проектів відповідно до умов фінансування Світового банку. Визначено нормативно-правові вимоги до соціально-екологічного впливу проектної діяльності. Здійснено екологічну та соціальну оцінку проекту реконструкції автомобільної дороги М-03 Київ-Харків-Довжанський на ділянці від м. Бориспіль до м. Лубни.

Ключові слова: автомобільна дорога, навколишнє середовище, екологічний та соціальний вплив, викиди шкідливих речовин, урбанізоване середовище.

УДК 625.72:504.06:004.4

Зюзюн В.И., Парасюк Л.В., Кравець О.Ю.

**ОСОБЕННОСТИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПРОЕКТА
РЕКОНСТРУКЦИИ ДОРОГИ В УРБАНИЗИРОВАННОЙ И ЗАГОРОДНОЙ
СРЕДЕ**

Аннотация. Проведен анализ основных видов проектов, финансируемых Всемирным банком. Определен механизм экологической и социальной оценки проектов в соответствии с условиями финансирования Всемирного банка. Определены нормативно-правовые требования к социально-экологическому воздействию проектной деятельности. Осуществлена экологическая и социальная оценка проекта реконструкции автомобильной дороги М-03 Киев-Харьков-Довжанский на участке от г. Борисполь до г. Лубны.

Ключевые слова: автомобильная дорога, окружающая среда, экологическое и социальное влияние, выбросы вредных веществ, урбанизированная среда.

UDC 625.72:504.06:004.4

Ziuziun V., Parasiuk L., Kravets O.

FEATURES SOCIO-ENVIRONMENTAL ASSESSMENT RECONSTRUCTION ROADS IN URBAN AND NON-URBAN ENVIRONMENT

Abstract. The analysis of the main types of projects funded by the World Bank. The mechanism of environmental and social assessment of projects under the terms of the financing of the World Bank. Defined regulatory requirements for social and environmental impacts of the project activity. Done environmental and social assessment of the project of reconstruction of highway M-03 Kyiv-Kharkiv-Dovzhansky the area from the city. Borispol city. Lubni.

Keywords: road, environment, environmental and social impacts, emissions, urban environment.

Вступ

Сприяння розвитку мережі автомобільних доріг та поліпшення їх транспортно-експлуатаційного стану є необхідною умовою для подальшого соціально-економічного розвитку держави і суспільства.

Згідно зі станом на січень 2015 р. протяжність мережі автомобільних доріг в Україні становить 169,6 тис. кілометрів, її щільність 281 кілометр на 1 тис. кв. кілометрів, що, в основному, відповідає темпам розвитку національної економіки. Проте експлуатаційний стан автомобільних доріг потребує значного поліпшення, а дорожнє покриття подекуди вимагає повного оновлення. За даними науковців, щороку держава втрачає близько 30 млрд. гривень валового внутрішнього продукту через незадовільний стан автомобільних доріг [1].

Загальна сума фінансування дорожньої галузі України в поточному році становить понад 25,5 млрд. грн., з них 20,8 млрд. грн. – загальним фондом Державного бюджету на 2015 рік, а 4,7 млрд. грн. – вибірка кредитних коштів міжнародних фінансових організацій за вже укладеними угодами. З огляду на суму вибірки на співфінансування спільних з Міжнародними фінансовими організаціями (МФО) проектів в загальному фонді держбюджету закладено 947 млн. грн., котрі дозволять державі згідно з умовами контрактів забезпечити необхідну частку фінансування [2].

Стан фінансування дорожньої галузі державою, і як наслідок – стан автомобільних доріг України, з кожним роком все гіршає, співпраця з МФО, а також іноземними та вітчизняними банківськими установами є практично єдиним шляхом збереження дорожньої мережі, оскільки дозволяє дорожнім підприємствам та організаціям виконувати увесь необхідний комплекс робіт у відповідності до сучасних технологічних процесів, а також дотримуватися міжремонтних термінів хоча б на декількох автомобільних дорогах України.

Усі міжнародні фінансові установи застосовують процедури екологічної оцінки (ЕО) до проєктів, які ними фінансуються, вимоги до якої, наприклад, в Європі визначені Директивою 85/337/ЄЕС. У грудні 2011 року всі зміни кодифіковано в єдину Директиву 2011/92/ЄС, котра визначає мінімальні вимоги, якими мають керуватися країни під час її включення у своє національне законодавство [3].

Відповідно до Конвенції про оцінку впливу на навколишнє середовище (НС) у транскордонному контексті (Конвенція ЕСПО) Україна зобов'язується вживати всі належні та ефективні заходи щодо запобігання значному шкідливому транскордонному впливу як результату проєктної діяльності, а також із його зменшення та контролю за ним [4].

Відповідність Директиви 85/337/ЄЕС щодо оцінки впливу окремих державних та приватних проєктів на НС та Директиви 2001/42/ЄС щодо оцінки впливу деяких планів та програм на НС (стратегічна екологічна оцінка) є складовою частиною усіх міжнародних двосторонніх угод та домовленостей. Так, Протокол про приєднання України до Договору про заснування Енергетичного Співтовариства (2010) прямо передбачає зобов'язання імплементувати Директиву 85/337/ЄЕС.

Проте, сформована в Україні система екологічної не попереджає негативний вплив проєктної діяльності на довкілля, не враховує можливі наслідки для здоров'я людей. Процедури не можуть забезпечити врахування думки громадськості на етапі планування та будівництва конкретних промислових об'єктів. Чинна модель ЕО призводить до порушень міжнародно-правових зобов'язань України за низкою природоохоронних Конвенцій (Конвенція про оцінку впливу на НПС у транскордонному контексті, Конвенція про доступ до інформації, участь громадськості в процесі прийняття рішень та доступ до правосуддя з питань, що стосуються НС) та Директив (Директива 85/337/ЄЕС щодо оцінки впливу окремих державних та приватних проєктів на НС, Директива 2001/42/ЄС щодо оцінки

впливу деяких планів та програм на НС). За таких умов реалізація будь-якого значного проекту супроводжується значними екологічними ризиками, які можуть бути як національного, так і міжнародного характеру.

Метою роботи є проведення екологічної та соціальної оцінки проекту будівництва та реконструкції автомобільної дороги М-03 Київ-Харків-Довжанський на ділянці від м. Бориспіль (км 44+500) до м. Лубни (км 191+400) відповідно вимог Міжнародного банку реконструкції та розвитку (МБРР).

Для досягнення цієї мети вирішувалися такі завдання:

- порівняти вітчизняні та міжнародні вимоги щодо екологічного та соціального впливу проектної діяльності на НС;
- провести аналіз основних видів проектів, що фінансуються МБРР та визначити процедуру екологічної та соціальної оцінки за вимогами Світового банку;
- здійснити екологічну та соціальну оцінку проекту реконструкції автомобільної дороги М-03 Київ-Харків-Довжанський на ділянці від м. Бориспіль (км 44+500) до м. Лубни (км 191+400).

Основна частина

За рахунок коштів Міжнародного банку реконструкції та розвитку в Україні у 2015 р. продовжується реалізація 2 спільних із МФО проектів, а саме Другого з МБРР проекту покращення автомобільних доріг і безпеки руху, а також спільного з Європейським банком реконструкції та розвитку та Європейським інвестиційним банком Проекту "Покращення транспортно-експлуатаційного стану автомобільних доріг на під'їздах до міста Києва".

В рамках цього проекту продовжено капітальний ремонт та реконструкцію ділянки автомобільної дороги М-03 Київ-Харків-Довжанський – Лубни-Полтава, а також розпочато будівництво 3 об'їздів населених пунктів – с. Покровська Багачка, с. Білоцерківка та м. Полтава.

В ході ж Проекту з МБРР та ЄІБ буде реконструйовано та покращено частини автомобільних доріг М-01 Київ-Чернігів, М-05 Київ-Одеса, М-06 Київ-Чоп, М-07 Київ-Ковель, Н-01 Київ-Знам'янка та Р-02 Київ-Іванків, а також продовжено проект з утримання ділянки автомобільної дороги М-06 Київ-Чоп та її експлуатацію за кінцевим результатом.

Метою проекту "Покращення транспортно-експлуатаційного стану автомобільних доріг на під'їздах до міста Києва" є приведення до європейського

рівня транспортно-експлуатаційного стану автомобільної дороги М-03 Київ-Харків-Довжанський на ділянці від м. Бориспіль (км 44+500) до м. Лубни (км 191+400) – однієї з найважливіших магістральних доріг України, що співпадає з національним транспортним коридором Європа – Азія та покращення транспортно-експлуатаційного стану автомобільних доріг державного значення на аварійно-небезпечних ділянках і місцях концентрації ДТП [5].

Головні завдання – приведення конструктивно-технічних та геометричних параметрів дороги М-03 Київ-Харків-Довжанський на ділянці від м. Бориспіль до м. Лубни, мостів і шляхопроводів та інших споруд на ній до вимог чинних нормативних документів, а також підвищення безпеки дорожнього руху на аварійно-небезпечних ділянках і місцях концентрації ДТП на мережі автомобільних доріг державного значення України.

За рахунок проектних коштів у сумі 453 625,63 тис. дол. США виконано капітальний ремонт та реконструкцію 157,1 км автомобільної дороги М-03 Київ-Харків-Довжанський (на окремих ділянках Бориспіль-Лубни). Дана дорога співпадає з напрямком європейського маршруту Е-40, міжнародного транспортного коридору Європа-Азія та відіграє стратегічну роль для інтеграції країни в мережу ЄС та у потенційний вітчизняний транзитний коридор Схід-Захід.

Ключовими екологічними та соціальними проблемами проекту, вирішення яких вимагало ретельного підходу, є:

1. Виділення земель (включаючи питання виплати компенсацій і збереження об'єктів культурної спадщини).
2. Викиди в атмосферу і шум впливати на місцеве населення, яке проживає поблизу дороги.
3. Скиди поверхнево-зливових стоків: необхідно забезпечити очистку зливових стоків.
4. Ерозія: необхідно забезпечити постійний моніторинг цих процесів і своєчасну рекультивацію порушених ділянок.
5. Високий рівень ДТП на окремих ділянках дороги.

Автомобільна дорога проходить через дві області (Київська та Полтавська), сім районів (Бориспільський – 7 %, Баришевський – 21 %, Переяслав-Хмельницький – 5 %, Яготинський – 23 % р-ни Київської обл. та Гребінківський – 2 %, Пирятинський – 25 %, Лубенський – 18 % р-ни Полтавської обл.). У зоні її впливу на території Київщини розташовано 30 населених пунктів у яких проживає

14,4 тис. чоловік; на території Полтавщини розташовані 178 населених пунктів у яких проживає трохи біля 550 тис. чоловік.

Райони, через які проходить автомобільна дорога М-03, розташовані на сході Київської області та на півночі Полтавської обл., що лежать на лісостеповій рівнині Придніпровської низовини. Поверхня території рівнинна, інколи хвиляста: добре виражені підвищення чергуються з низинами, що не рідко переходять у болота [6].

В зоні реалізації Проекту питома вага автомобільного транспорту у загальному забрудненні атмосферного повітря досягає майже 60%. Сучасний автомобіль викидає понад 200 токсичних речовин. Концентрація токсичних речовин значною мірою залежить від технічного стану автомобіля, швидкості його руху, строку експлуатації. Дослідження показують, що найменше оксидів карбону викидається за швидкості руху 60 км/год. Зі зменшенням чи збільшенням швидкості руху кількість шкідливих речовин підвищується у 2–4 рази. Найбільша кількість токсичних речовин виділяється за перемінних режимів роботи двигуна, зокрема, під час пуску і зупинки, і під час роботи в холостому режимі. Концентрація токсичних речовин у відпрацьованих газах автомобіля зростає із збільшенням строку його експлуатації [7, 8].

Основними екологічними аспектами проекту, визначеними на основі фізико-географічних показників району, кліматичних і метеорологічних умов, є геологічна будова і підземні води, поверхневі водні об'єкти, ґрунти, атмосферне повітря, шум, об'єкти природно-заповідного фонду та біорізноманіття.

Ключові види впливів на навколишнє природне і соціальне середовище, а також ризики, пов'язані з реалізацією проекту включають водні об'єкти, відведення земель, культурну спадщину, викиди в атмосферу, поведження з відходами, поверхнево-зливний стік, безпека пішоходів, ерозія і рекультивация.

У результаті реалізації проекту, насамперед, поліпшився транспортно-експлуатаційний стан автомобільної дороги М-03 Київ-Харків на ділянці від Борисполя до Лубен та інженерний рівень захисту екосистеми.

На стадії експлуатації дороги обсяг викидів в атмосферу від транспортних засобів визначається загальною якістю і рівнем забруднення повітря в локальному масштабі. Виконані розрахунки свідчать про низький рівень забруднення повітря, зумовлений рухом транспорту; розрахункові концентрації СО в межах населених пунктів складають 10 % - 30 % від нормативу ГДК. Рівні інших забруднюючих речовин не значні.

Реконструкція дороги дозволила збільшити її пропускну спроможність та збільшити середні швидкості руху транспортних засобів: вантажних автомобілів з 50 км/год до 70 км/год; автобусів з 50 км/год до 65 км/год; легкових автомобілів з 70 км/год до 85 км/год) за період 2008 – 2015 р.р.

Збільшення кількості одиниць транспорту, що проходить дорогою протягом однієї години, привела до підвищення рівнів викидів. Проте, реконструкція дороги призвела до зменшення заторів.

На дослідному об'єкті було проведено натурні спостереження, які дозволили зазначити, що ремонт дорожнього одягу і споруд на дорозі забезпечив належну пропускну спроможність траси, яка у Київській обл. до 2015 р. збільшилась у 2,8-3,0 рази, у Полтавській обл. – у 2,5-3,0 рази.

Аналіз приведених результатів свідчить про постійне підвищення інтенсивності руху за період з 2008 по 2015 рік. Проте порівняння результатів впливу забруднюючих речовин на довкілля до та після проведення реконструкції дороги підтверджує наявне зниження впливу шкідливих речовин на навколишнє середовище після ремонтних робіт за рахунок забезпечення руху автотransпортних засобів з рівномірними швидкостями, а саме:

- споживання моторних палив щорічно зменшується на 21,5 тис.т;
- обсяг викидів у повітря шкідливих газів CO і NO_x знижується на 10-20 % (орієнтовно 4,7 тис.т щорічно);
- обсяги викидів інших забруднюючих речовин у повітря (SO_2 (мг/м³), C_mH_n , (мг/м³), сажа (мкг/м³), бенз(а)пірен (мкг/м³), Pb (потужність емісії в повітряне середовище) (мкг/м³) знижується на 10-20%.

Рівень шуму навіть після реконструкції може перевищувати відповідний нормативний рівень, проте цей рівень був би значно вищим без проведення проектних робіт. Будівництво дороги покращеної якості та шумозахисних екранів забезпечило дотримання чинних національних нормативів і стандартів МБРР та зниження відповідного рівня шумового забруднення на 18 – 22 дБ. Шумозахисні екрани також виконують функцію скорочення візуальних впливів. Результати розрахунків свідчать, що у 2015 році рівні акустичного навантаження на границі захисної смуги дещо перевищували ГДК (55 дБа). У визначених проектом місцях встановлюються шумопоглинаючі екрани. Така система захисту дозволила знизити шумовий вплив автомагістралі до санітарно-припустимих значень. Слід відзначити, що населені пункти, розташовані вздовж траси, мають забудову переважно сільського типу, яка склалася досить давно.

Аналіз результатів дослідження показав, що при зміні інтенсивності в 3 рази рівень акустичного навантаження на НС був би більший майже на 8 ДБа на автомобільній дорозі без ремонту ніж після проведення реконструкції.

До інших заходів, що забезпечують зниження антропогенного впливу на стан НС під час реконструкції та експлуатації дороги є ліквідація пилоутворення, поліпшення водовідведення з проїзної частини та від дороги, зменшення ерозії ґрунтів і забруднення відкритих водойм та ґрунтових вод у результаті укріплення узбіч.

Соціальний вплив результатів реалізації проекту визначився покращенням транспортно-експлуатаційного стану автомобільної дороги М-03 Київ-Харків на ділянці від Борисполя до Лубен, що сприяло скороченню часу, витраченого на поїздки пасажирів та зниженню втрат від дорожньо-транспортних пригод. Під час реалізації проекту забезпечено достатніми обсягами робіт дорожньо- і містобудівельні підприємства регіону.

Після реконструкції дороги на трасі відкрито значна кількість інфраструктурних підприємств малого бізнесу, що сприяє як соціально-економічному розвитку регіону, так і збільшенню комфортності перевезення пасажирів.

За даними Департаменту ДАІ МВС України [10] за останні 9 років кількість ДТП з постраждалими в Україні збільшилась у середньому на 27 %, у тому числі на автомобільних дорогах загального користування на 5,5%.

Проектом реалізовано комплекс заходів щодо підвищення рівня безпеки руху. Ці заходи включали будівництво наземних пішохідних переходів, встановлення дорожніх знаків, нанесення дорожньої розмітки, створення безпечних та якісніших бокових доріжок для пішоходів, покращення освітлення в населених пунктах, територією яких проходить автодорога, для того, щоб зробити її безпечнішою в вечірній та нічний час.

Аналіз даних свідчить що зменшення кількості ДТП, пов'язаних із незадовільним станом дороги, на ділянці Бориспіль – Лубни досягає від 75 % до 100 % для окремих ділянок.

Аналіз результатів розрахунку соціально-економічної ефективності показав щорічне зменшення експлуатаційних витрат автомобільного транспорту на 614,2 млн грн.; капіталовкладень в автомобільний транспорт – на 255,1 млн. грн.; непродуктивних втрат робочого часу пасажирів у дорозі – на 1,65 млн люд-днів.

Висновки

Соціально-екологічна оцінка Світового банку визначає процедуру оцінки екологічних та соціальних показників інвестиційних проектів. Вона визначає прямий і непрямий вплив проекту на людину, фауну, флору, ґрунти, воду, повітря, клімат, ландшафт, матеріальні цінності та культурну спадщину, а також взаємодію між цими елементами.

Аналіз соціального та екологічного впливу проекту реконструкції автомобільної дороги М-03 Київ-Харків на ділянці від Борисполя до Лубен визначив покращення транспортно-експлуатаційного стану та інженерного рівня захисту екосистеми, збільшення пропускної спроможності дороги та зменшення кількості заторів, що забезпечило поліпшення екологічної та соціальної ситуації на цій дорозі під час її експлуатації.

Сформована методика оцінки екологічного та соціального впливу проекту за вимогами МБРР може бути ефективно застосована для інших проектів реконструкції та покращення частини автомобільних доріг, а саме М-01 Київ-Чернігів, М-05 Київ-Одеса, М-06 Київ-Чоп, М-07 Київ-Ковель, Н-01 Київ-Знам'янка та Р-02 Київ-Іванків, а також для продовження проекту з утримання ділянки автомобільної дороги М-06 Київ-Чоп та її експлуатацію за кінцевим результатом.

Література

1. Про екологічну експертизу: Закон України станом на 18.12.2012 [Електронний ресурс]. / Верховна Рада України. – [від 1995-02-09] . – 45/95-вр – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/45/95-%D0%B2%D1%80>
2. Проектування. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд: ДБН А.2.2-1-2003 - [Чинний від 2004-04-01] [Електронний ресурс]. – К.: Держбуд України . – Режим доступу: <http://dbn.at.ua/load/1-1-0-242>.
3. Екологічні вимоги до автомобільних доріг. Проектування. ГБН В.2.3-218-007:2012. Державне агенство автомобільних доріг України (Укравтодор), 2012. – 47 с.
4. Environmental Impact Assessment of Projects Ruling of the Court of Justice European Union, 2010 Printed in Belgium, 52 p. [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <http://europa.eu/>. – Заголовок з екрану.
5. The World Bank. Working for Free of Poverty [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.worldbank.org/uk/country/ukraine/projects>

6. Экологическая и социальная политика Всемирного банка [Електронний ресурс]: – Режим доступу:// <http://www.worldbank.org/>. – Заголовок з екрану.
7. Техніко-економічне обґрунтування спільного із Світовим банком інвестиційного проекту "Покращення автомобільних доріг та безпеки рух". Державна служба автомобільних доріг України. Державне підприємство – Український державний інститут з проектування об'єктів дорожнього господарства "Укрдїпродор". – Київ, 2008. – 100 с.
8. Реконструкція автомобільної дороги державного значення М-03 Київ-Харків-Довжанський. Оцінка впливу на навколишнє середовище (ОВНС) ТОВ "Геотехнології". – 2008. – 52 с.
9. Гутаревич, Ю.Ф. Екологія та автомобільний транспорт: Навчальний посібник // Ю.Ф. Гутаревич, Д.В. Зеркалов, А.Г. Говорун, А.О. Корпач, Л.П. Мержиєвська. - 2-ге вид., переробл. та доповн. – К. : Арістей, 2008. – 296 с.
10. Вайганг, Г.О. Комплексна оцінка та прогнозування забруднення придорожного середовища транспортними потоками: дис... канд. техн. наук: 21.06.01/ Г.О.Вайганг – Національний транспортний університет. – Київ, 2014. – 189 с.
11. Оцінка соціально-екологічного впливу інвестиційного проекту "Покращення автомобільних доріг та безпеки руху". Звіт про виконання науково-дослідної роботи / Госпдоговір на тему № 3/224. №держреєстрації 0115U003828; Національний транспортний університет. — К., 2015. — 57 с. — Деп. в УкрІНТЕІ 24.07.2015, № 0715U007002.

Рецензенти:

Рутковська І.А., канд. техн. наук, Національний транспортний університет.
Бондаренко Л.П., канд. техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Rutkovskaya Innesa A., Ph.D., National Transport University National Transport University.
Bondarenko L.P., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **27.05.2017 р.**

УДК 528.4:332.3:504.54

Мамонов К.А., д-р екон. наук, **Савенко В.Я.,** д-р техн. наук,
Корнієць А.В.

МЕТОД ОЦІНКИ ГЕОЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

Анотація. Метою статті є розробка методу оцінки геоекологічного стану використання земель населених пунктів. Запропоновані етапи щодо розробки методу оцінки геоекологічного стану використання земель. Визначені інтегральні екологічний та показник використання земель населених пунктів, що дозволило створити системне середовище для підвищення ефективності землекористування.

Ключові слова: геоекологічний стан, використання земель населених пунктів, метод

УДК 528.4:332.3:504.54

Мамонов К.А., д-р экон. наук, **Савенко В.Я.,** д-р техн. наук,
Корниец А.В.

МЕТОД ОЦЕНКИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Аннотация. Целью статьи является разработка метода оценки геоэкологического состояния использования земель населенных пунктов. Предложены этапы по разработке метода оценки геоэкологического состояния использования земель. Определены интегральный экологический и показатель использования земель населенных пунктов, что позволило создать системное среду для повышения эффективности землепользования.

Ключевые слова: Геоэкологический состояние, использование земель населенных пунктов, метод

UDC 528.4:332.3:504.54

Mamonov K., Dr. Econ. Sci., **Savenko V.** Dr. Tech. Sci.,
Korniets A.

METHOD OF ESTIMATION OF THE GEOLOGICAL STATE OF THE USE OF LAND OF SETTLED POINTS

Abstract. The purpose of the article is to develop a method for estimating the geoecological state of land use of settlements. The proposed stages of developing a method for assessing the geoecological state of land use. Integrated ecological and land use indicators have been determined, which allowed to create a systemic environment for improving the efficiency of land use.

Keywords: geoecological state, use of settlements, method

Вступ

Сучасний розвиток населених пунктів залежить від реалізації напрямів використання земель населених пунктів, враховуючи екологічні аспекти їх розвитку. У цьому контексті особливого значення набуває створення кількісного підґрунтя на основі застосування методу оцінки геоекологічного стану використання земель населених пунктів.

Мета та завдання статті

Метою статті є розробка методу оцінки геоекологічного стану використання земель населених пунктів.

Для досягнення мети поставлені завдання:

- визначення етапів щодо розробки методу оцінки геоекологічного стану використання земель населених пунктів;
- характеристика інструментарію реалізації методу оцінки геоекологічного стану землекористування.

Виклад основного матеріалу дослідження

Розробка методу оцінки геоекологічного стану використання земель населених пунктів здійснюється на основі визначених екологічних і показників землекористування. У цьому контексті слід зазначити, що для оцінки представлених показників застосовуються методи експертних оцінок, аналітичні

та методи аналізу ієрархій. Запропоновані методи формують комплексний інструментарій для інтегральної оцінки геоекологічного стану використання земель населених пунктів.

Формування методу оцінки геоекологічного стану використання земель населених пунктів здійснюється на основі наступних етапів:

- створення та аналіз просторової, екологічної, містобудівної й інформації щодо використання земель населених пунктів;
- формування системи показників щодо інтегральної оцінки геоекологічного стану використання земель населених пунктів, які складаються із екологічних і критеріїв землекористування;
- визначення та характеристика методів оцінки показників геоекологічного стану використання земель населених пунктів;
- оцінка рангових коефіцієнтів, що характеризують внутрішньогруповий вплив екологічних та показників землекористування;
- визначення екологічних та показників використання земель населених пунктів, враховуючи значення рангових коефіцієнтів;
- оцінка вагових коефіцієнтів, що характеризують вплив екологічних та показників землекористування на інтегральні екологічний і критерій землекористування;
- визначення інтегральних екологічного і критерія використання земель населених пунктів;
- розробка моделі оцінки інтегрального показника геоекологічного стану землекористування та визначення відповідного критерія;
- визначення рівня геоекологічного стану використання земель населених пунктів відповідно до розробленої шкали;
- інтерпретація отриманих результатів.

Характеризуючи запропоновані етапи слід зазначити, що створення та аналіз просторової, екологічної, містобудівної й інформації щодо використання земель населених пунктів здійснюється на основі даних Державної служби статистики, Державної служби України з питань геодезії, картографії та кадастру, іншої інформації щодо екологічного стану та землекористування.

Представлена інформацій формує інформаційну основу для розробки та реалізації методу геоекологічного стану використання земель населених пунктів і дозволяє створити відповідне системне середовище для прийняття

обґрунтованих рішень у сфері землекористування, враховуючи екологічні напрями та зміни.

Формування системи показників щодо оцінки геоекологічного стану використання земель населених пунктів, здійснюється шляхом застосування екологічних і критеріїв землекористування:

1. Інтегральний екологічний показник (I_e), який визначається показниками:

1.1. Стану навколишнього середовища (E_1):

1.1.1. Стан та структура об'єктів міського середовища, на які впливають ярусність фітоценозу, система ґрунтових горизонтів, співвідношення форм рельєфу, система трофічних зв'язків в екосистемі (E_{11}).

1.1.2. Речовинний склад, що включають кругообіг речовин в об'єкті, особливості природних умов (E_{12}).

1.1.3. Енергетичний стан, які характеризують формування та особливості руху енергетичних потоків у екологічному об'єкті (E_{13}).

1.1.4. Естетичний стан, що визначають ступінь комфортності об'єктів (E_{14}).

1.1.5. Показник, що характеризує вплив зовнішніх і внутрішніх факторів на екологічне міське середовище, які визначаються надходженням забруднюючих речовин, механічних навантажень та рівнем антропогенних впливів (E_{15}).

1.1.6. Рівень забрудненості ґрунтів, що характеризується концентрацією забруднення ґрунтів, поелементним змістом забруднюючих речовин, зворотною реакцією на динаміку забруднення (E_{16}).

1.2. Загрози виникнення і причини надзвичайних екологічних ситуацій (E_2):

1.2.1. Рівень впливу факторів техногенного характеру (E_{21}).

1.2.2. Рівень впливу небезпечних природних факторів (E_{22}).

1.2.3. Рівень впливу факторів соціального характеру (E_{23}).

1.3. Витрат та капітальних інвестицій на здійснення охорони земель та екологічну безпеку (E_3):

1.3.1. Рівень витрат на здійснення охорони земель та екологічну безпеку (E_{31}).

1.3.2. Рівень капітальних інвестицій на здійснення охорони земель та екологічну безпеку (E_{32}).

1.4. Екологічної безпеки (E_4):

1.4.1. Співвідношення обсягу викидів забруднюючих речовин та чисельності населення у цілому й по регіонах України (E_{41}).

1.4.2. Обсяги утворення відходів на душу населення у цілому й по регіонах (E_{42}).

1.4.3. Рівень смертності на душу населення у цілому й по регіонах (E_{43}).

1.4.4. Рівень викидів забруднюючих речовин на 1 м² земель у цілому та по регіонах (E_{44}).

1.4.5. Рівень утворення відходів на 1 м² земель у цілому та по регіонах (E_{45}).

1.5. Функціональних напрямів екологічного використання земель населених пунктів (E_5):

1.5.1. Природоохоронні, які орієнтовані на збереження цілісної екологічної системи використання земель (E_{51}).

1.5.2. Антропоєкологічні, що характеризують результати впливу людини на екологічну систему використання земель (E_{52}).

1.5.3. Еколого-ресурсні, які визначають рівень використання земельних ресурсів, враховуючи їх екологічні особливості (E_{53}).

1.5.4. Формування земельного потенціалу, які характеризуються можливими напрямками використання земель при перманентних змінах екологічної системи (E_{54}).

1.6. Управління напрямками формування та охорони навколишнього природного середовища (E_6):

1.6.1. Планування напрямів формування та охорони навколишнього природного середовища (E_{61}).

1.6.2. Організації напрямів формування та охорони навколишнього середовища (E_{62}).

1.6.3. Мотивації для реалізації напрямів формування та охорони навколишнього природного середовища (E_{63}).

1.6.4. Контролю за реалізацією напрямів формування та охорони навколишнього середовища (E_{64}).

1.6.5. Координації регулювання напрямів формування та охорони навколишнього середовища (E_{65}).

1.7. Інформаційне забезпечення екологічного використання земель населених пунктів (E_7):

1.7.1. Правового забезпечення екологічного використання земель міст (E_{71}).

1.7.2. Нормативного забезпечення екологічного використання земель міст (E_{72}).

1.7.3. Статистичного забезпечення екологічного використання земель міст (E_{73}).

1.8. Потенційні напрями екологічного використання земель населених пунктів (E_8):

1.8.1. Будівництво та реконструкція каналізаційних мереж і очисних споруд (E_{81}).

1.8.2. Охорона водних ресурсів міст (E_{82}).

1.8.3. Захист територій міст від шкідливого впливу вод, повенів, підтоплення земель (E_{83}).

1.8.4. Охорона земельних ресурсів (E_{84}).

1.8.5. Забезпечення поводження з відходами (E_{85}).

1.8.6. Охорона атмосферного повітря (E_{86}).

1.8.7. Формування та охорона “зелених зон” міст (E_{87}).

1.8.8. Проведення наукових досліджень та здійснення науково-технічних розробок (E_{88}).

1.8.9. Формування та реалізація заходів щодо екологічної освіти, здійснення інформування та пропаганди (E_{89}).

2. Інтегральний показник, що визначає рівень використання земель населених пунктів (I_1), який формується із:

2.1. Показників інформаційного забезпечення рівня використання земель населених пунктів (I_1):

2.1.1. Нормативно-правового забезпечення (I_{11}).

2.1.2. Статистичного забезпечення (I_{12}).

2.1.3. Геодезичного забезпечення (I_{13}).

2.1.4. Картографічного забезпечення (I_{14}).

2.1.5. Просторового забезпечення (I_{15}).

2.1.6. Містобудівного забезпечення (I_{16}).

2.1.7. Інвестиційного забезпечення (I_{17}).

2.2. Функціональних показників (I_2):

2.2.1. Співвідношення кількості населення та площі забудованих територій (l_{21}).

2.2.2. Рівня визначення нормативної грошової оцінки земель (l_{22}).

2.3. Показників, що визначають формування та реалізацію права на землю (l_3):

2.3.1. Формування права на передачу земельних ділянок у власність юридичних і фізичних осіб (l_{31}).

2.3.2. Формування права на надання земельних ділянок у користування юридичних і фізичних осіб (l_{32}).

2.3.3. Реалізація права на землю (l_{33}).

2.4. Рівня технічного та технологічного забезпечення (l_4):

2.4.1. Використання засобів обчислювальної та інформаційної техніки (l_{41});

2.4.2. Застосування технічних засобів для виконання геодезичних та інших робіт (l_{42});

2.4.3. Використання сучасних інформаційних технологій і систем для збору, ведення, контролю, накопичення, зберігання, поновлення, пошуку, перетворення, переробки, відображення, видачі й передачі даних (l_{43});

2.4.4. Застосування автоматизованих систем, призначених для обробки даних земельно-кадастрових, топографо-геодезичних та інших зйомок і дистанційного зондування, ведення земельної статистики, прогнозування, планування, проектування, картографування, організаційного управління (l_{44}).

2.5 Рівень забудови територій населених пунктів (R_z).

Сформована система показників дозволяє провести інтегральну оцінку геоекологічного стану використання земель населених пунктів та створити відповідне системного середовище шляхом об'єднання екологічних і показників землекористування.

У рамках запропонованого методу реалізовано системний підхід до оцінки геоекологічного стану, що надає можливість для отримання комплексної оцінки і розробки обґрунтованих рішень щодо підвищення ефективності використання земель, враховуючи екологічні аспекти розвитку населених пунктів.

Наступним етапом розробки методу оцінки геоекологічного стану використання земель населених пунктів є визначення та характеристика методів оцінки показників геоекологічного стану землекористування. Зокрема, застосовуються аналітичні методи, які дозволяють визначити показники на основі статистичних даних, що мають кількісні характеристики. Крім того,

особливого значення мають методи експертних оцінок, оскільки деякі показники визначаються якісними характеристиками, що потребує залучення експертного середовища.

Таким чином, у рамках представленого методу об'єднано інструментарій, що дозволяє визначити широке коло екологічних та показників використання земель населених пунктів.

У рамках дослідження визначаються напрями оцінки рангових коефіцієнтів, що характеризують внутрішньогруповий вплив екологічних та показників землекористування.

Узагальнення результаті дослідження здійснюється на етапі визначення екологічних та показників використання земель населених пунктів, враховуючи значення рангових коефіцієнтів. Отримані значення показників дозволяють встановити рівень їх впливу на інтегральні екологічні та критеріїв землекористування.

Оцінка вагових коефіцієнтів, що характеризують вплив екологічних та показників землекористування на інтегральні екологічний і критерій використання земель населених пунктів здійснюється на основі застосування методу аналізу ієрархій. У рамках представленого методу передбачається визначення вагових коефіцієнтів, які характеризують вплив інтегральних екологічних та показників землекористування на узагальнюючи екологічний і критерій використання земель населених пунктів. Враховуючи результати визначення попередніх показників, реалізується етап визначення інтегральних екологічного і критерія використання земель населених пунктів.

Результуючим етапом є розробка моделі оцінки інтегрального показника геоекологічного стану землекористування та визначення відповідного критерія шляхом застосування результатів оцінки інтегральних екологічного і критерія використання земель населених пунктів.

Застосовуючи шкалу Т. Сааті, у дисертаційній роботі запропонована шкала, яка дозволила визначити рівень геоекологічного стану використання земель населених пунктів. Це створило основу для прийняття рішень у сфері землекористування, враховуючи екологічні напрями розвитку населених пунктів. Крім того, у цьому контексті особливого значення має узагальнення отриманих результатів та розробка рекомендацій для підвищення ефективності використання земель.

На останньому етапі розробки методу оцінки геоекологічного стану використання земель населених пунктів є інтерпретація отриманих результатів. Цей етап має важливе значення, оскільки дозволяє визначити тенденції землекористування, враховуючи екологічні аспекти розвитку територій, виявити диспропорції та дисбаланси, які виникають у системі формування геоекологічного стану використання земель населених пунктів.

Висновки та перспективи подальших розвідок

Таким чином, у результаті дослідження розроблено метод до оцінки геоекологічного стану використання земель населених пунктів, який базується на комплексному використанні аналітичних, методів експертного та аналізу ієрархій шляхом побудови інтегральної моделі, що дозволило визначити узагальнюючий показник для створення підґрунтя щодо формування рекомендацій підвищення ефективності землекористування.

Рецензенти:

Славінська О.С., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.
Яценко І.В., канд. екон. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Slavinska O.S., Dr. Tech. Sci., National Transport University.
Yatsenko I.V., Cand. Econ. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **08.06.2017 р.**

УДК 625.852

Мозговий В.В., д-р техн. наук

ТЕХНОЛОГІЇ ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ЗОЛОШЛАКОВИХ СУМІШЕЙ В ДОРОЖНЬОМУ БУДІВНИЦТВІ

Анотація. У статті розглянуто питання утилізації відходів ТЕЦ шляхом використання останніх в якості будівельних матеріалів для дорожнього будівництва. Показана можливість використання золошлакових сумішей ТЕС в якості дрібних та крупних заповнювачів у різноманітних розчинах та сумішах загально-будівельного та дорожнього призначення. а також при влаштуванні неукріплених та укріплених щебеневих і гравійних шарів основ дорожніх одягів. Крім того як компоненти в'язучого золошлакові суміші також можуть бути використані у виготовленні шлаколужних цементів на заміну традиційного портландцементу.

Об'єкт дослідження – золошлакові суміші.

Мета роботи – утилізація відходів ТЕЦ шляхом застосування їх в дорожньому будівництві.

Ключові слова: утилізація, золошлакові відходи тец, дорожнє будівництво

УДК 625.852

Мозговой В.В., д-р техн. наук

ТЕХНОЛОГИИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ЗОЛОШЛАКОВЫХ СМЕСЕЙ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы утилизации отходов ТЭЦ путем использования последних в качестве строительных материалов для дорожного строительства. Показана возможность использования золошлаковых смесей ТЭС в качестве мелких и крупных заполнителей в различных растворах и смесях общестроительного и дорожного назначения. а также при устройстве

неукрепленных и укрепленных щебеночных и гравийных слоев оснований дорожных одежд. Кроме того, как компоненты вяжущего золошлаковые смеси также могут быть использованы в изготовлении шлакощелочных цементов на замену традиционного портландцемента.

Объект исследования - золошлаковые смеси.

Цель работы - утилизация отходов ТЭЦ путем применения их в дорожном строительстве.

Методы исследования - аналитико-экспериментальные.

Ключевые слова: утилизация, золошлаковые отходы тэц, дорожное строительство

UDC 625.852

Mozhovi V., Dr. Tech. Sci.

WASTE ENVIRONMENTAL PROTECTION TECHNOLOGY IN APPLYING SLAG MIXTURES IN ROAD CONSTRUCTION

Abstract. The article deals with questions by using CHP past as building materials for road construction. The possibility of using mixtures of TPP ash as fine and coarse aggregate in different solutions and mixtures general construction and road use. and when the device unfortified and fortified crushed stone and gravel layers foundations pavements. Also as components zoloshlakovi binder mixture can also be used in the manufacture of cement shlakoluzhnyh to replace traditional Portland cement.

The object of study – ash slag mixture.

Purpose - utilization CHP waste management through their use in road construction.

Research methods - analytical and experimental.

Keywords: utilization, ash slag mixture WASTE of CHP road construction

Багаторічна енергетично-сировинна спеціалізація, а також низький технологічний рівень промисловості України поставили її в число країн з найбільш високими абсолютними обсягами утворення та накопичення відходів. Основу енергетики України сьогодні складають теплові електростанції (ТЕС) на органічному паливі, що забезпечують 75–80 % усього виробництва електроенергії [1].

Розвиток теплової енергетики прогнозується з переважним використанням вугілля, частка якого в у 2030 році в паливному балансі становитиме 85,1 %. У процесі спалювання вугілля для виробництва тепло- і електроенергії утворюється значна кількість золи та шлаків. На території України нараховується 25 потужних теплоелектростанцій та значна кількість котелень, теплоцентралей і інших підприємств цієї галузі. Протягом року вони продукують близько 30 млн. т золошлакових відходів, котрі складають для країни значну екологічну проблему. [2].

Золошлакові відвали на більшості електростанцій переповнені. Якщо не опікуватись цією проблемою – такі електростанції доведеться у найближчі роки зупиняти і виводити з енергосистеми. Подальше розміщення відходів потребує будівництва нових, або розширення існуючих золовідвалів, що в свою чергу призводить до відчуження значних територій та забруднення навколишнього середовища [3 – 7]. Аналіз сучасних досліджень свідчить, що на території санітарно-захисної зони золовідвалів рівень ушкодженості біосистем оцінюється як «вище середнього», а екологічна ситуація характеризується як «незадовільна» [3].

Відомо, що в Україні золошлаків утилізується і використовується лише близько 10 %, тобто 2,5 млн. т/рік, а 22,5 млн. тонн щорічно розміщується в золовідвалах ТЕС на додаток до накопичених раніше 1,5 млрд. тонн. Для порівняння: у Німеччині та Данії застосування ЗШВ у виробництві будівельних матеріалів досягло практично 100 % їх річного виходу, при цьому в Німеччині взагалі заборонено мати золошлакові відвали. До 50–70 % річного виходу ЗШВ використовують в США, Великобританії, Польщі, Китаї [2,8].

У числі головних причин, які визначають низький рівень утилізації ЗШВ і стримують подальше підвищення рівня їх використання до середньоєвропейського, є відсутність в країні технічної політики та системного підходу при вирішенні зазначеної проблеми і, отже, відсутність економічної зацікавленості галузей народного господарства. Утилізація золи і шлаків вимагає вирішення цілого комплексу питань – від розробки технічних умов на їх застосування, технологічних ліній їх переробки, транспортних і навантажувально-розвантажувальних засобів – до перебудови психології господарників відносно використання вторинних мінеральних ресурсів [2,9].

Фахівці, які займаються проблемою золошлакових відходів, вважають, що основна мета енергетики – не переробка всього їх обсягу, а створення

об'єктивних умов для максимального використання в процесі виробництва товарної продукції, в тому числі і на власних виробництвах [2,6 – 11]. Вони вважають, що для успішного вирішення проблеми утилізації золошлаків і нанесення мінімального екологічного збитку навколишньому середовищу при створенні і модернізації систем ЗШВ насамперед необхідно дотримуватися такі основні принципи: – роздільне видалення золи та шлаку; – можливість 100 %-го збору та відвантаження сухої золи; – екологічно прийнятні способи розміщення незатребуваної частини сухої золи і шлаків (грануляція, заповнення гірничих виробок і кар'єрів та ін.); – вдосконалення обладнання і схемних рішень окремих вузлів, установок та системи ЗШВ; – максимальна механізація і автоматизація технологічних процесів. Використання великотоннажних твердих відходів промисловості є великий державним завданням, що вирішує питання пріоритетів подальшого розвитку національної економіки та охорони навколишнього середовища, і має на меті : – підвищення ефективності використання матеріальних і енергетичних ресурсів; – зменшення техногенного впливу і його наслідків на навколишнє середовище і поліпшення екологічної обстановки; – вишукування можливостей використання відходів як сировини для різних галузей.

Одним із найбільших споживачів золошлакових сумішей може стати дорожнє будівництво [2, 6 – 11].

Загальновідомо що при будівництві автомобільних доріг більше 60 % їх вартості складає вартість ґрунту для зведення земляного полотна та дорожно-будівельних матеріалів для влаштування дорожнього одягу. Зменшення потреби в цих матеріалах, а особливо найбільш дорогих і дефіцитних, та підвищення ефективності їх використання – одна з найбільш актуальних проблем, від вирішення якої залежить науково-технічний прогрес в дорожній галузі.

Задача економії привізних інертних та традиційних дефіцитних в'язучих матеріалів може бути вирішена завдяки використанню вторинних ресурсів і в тому числі – золошлакових відходів, які можна використовувати в якості як дорожно-будівельних матеріалів, так і вихідних продуктів для їх виготовлення.

Ще за часів СРСР були проведені обширні дослідження 70-і та 80-і роки минулого століття та розроблені узагальнюючі методичні рекомендації з визначення раціональної відстані перевезення золошлакових відходів при будівництві автомобільних доріг в залежності від конструкції дорожнього одягу, складу сумішей дорожно-будівельних матеріалів в базовому та новому

варіантах будівництва, цін на матеріали, виду транспорту для перевезення [12]. Вони ґрунтуються на узагальнених результатах досліджень СоюздорНДІ та його філій: ГіпродорНДІ, ДерждорНДІ та ряду інших науково-дослідних організацій. Про позитивні результати застосування золошлакових відходів у дорожньому будівництві свідчить значна кількість публікацій. Вони свідчать про наступне.

При будівництві автомобільних доріг золи виносу сухого відбору використовують в якості активної гідралічної домішки разом з цементом або вапном, а також, як самостійне повільно твердіюче в'язуче для влаштування шарів основи і покриття із укріплених ґрунтів та відходів, що отримують при дробленні кам'яних матеріалів.

Золо-шлакові суміші використовують в якості матеріалу для спорудження насипів земляного полотна або малоактивної гідралічної добавки у поєднанні з цементом при укріпленні ґрунтів на дорогах III-IV категорій.

Критерієм придатності золо-шлакової суміші для спорудження земляного полотна вважають її морозостійкість.

Всі відходи в залежності від складу поділяються на три групи: активні, скритно активні та інертні. В межах цих груп вони розподілені за формою вмісту кальцію оксиду: загальний, вільний, зв'язаний в сульфати та такий що входить у склад клінкерних матеріалів.

До першої групи віднесені матеріали, які характеризуються загальним вмістом оксиду кальцію від 20 до 60 % та вільного оксиду кальцію до 30 %. Ці золошлаки мають властивості самостійного твердіння та можуть використовуватись як самостійний в'язучий матеріал.

До другої групи відносяться золо-шлакові суміші із загальним вмістом оксиду кальцію від 5 до 20 %, вільного оксиду кальцію не більше 2 % і модулем основності не більше 5. Вони використовуються в якості комплексних в'язучих матеріалів з активаторами.

В третю групу віднесені золошлакові суміші, що характеризуються високим вмістом кремнію і алюмінію та низьким – оксидів кальцію і магнію. Вільного оксиду кальцію, що є активатором процесу твердіння в таких сумішах може не бути зовсім, а максимальний його вміст не перевищує 1 %. У зв'язку з цим такі суміші використовують, в основному, як інертний матеріал (техногенні ґрунти).

Золошлакові відходи першої групи (активні), що здатні до самостійного твердіння, можна використовувати замість цементу для влаштування шарів основ із укріплених ґрунтів та місцевих маломіцних кам'яних матеріалів.

Здатність до самостійного твердіння має тільки зола виносу сухого відбору. Її називають самостійним повільно твердіючим в'язучим матеріалом.

Матеріали другої групи (скритно активні) можна використовувати для тих же цілей разом з цементом або в якості добавки до цементу для його економії.

Щодо найбільш розповсюдженої третьої групи (інертних), то вони як техногенний ґрунт можуть бути матеріалом для спорудження земляного полотна, а також для влаштування основ, або у суміші з піском, укріплених цементом. Дослідження показали, якщо ці матеріали, включаючи золи виносу сухого вловлювання, не можуть бути самостійними в'язучими матеріалами при влаштуванні шарів основи із укріплених ґрунтів. Однак в сумішах з цементом або піском і цементом виявляють в процесі твердіння гідравлічну активність. З цієї точки зору їх можна віднести до матеріалів другої групи, хоч вони і не вміщують оксиду кальцію.

Дані про зерновий та хімічний склад відвальних золо-шлакових сумішей гідро видалення показують, що зерновий склад їх неоднорідний. За хімічним складом такі суміші відносяться до інертних. В них знаходяться переважно оксиди кремнію, алюмінію та заліза, а вміст оксидів кальцію і магнію настільки незначний, що модуль основності не перевищує 0,21. Це дозволяє розглядати такі суміші як техногенні ґрунти.

Таким чином вітчизняний та зарубіжний досвід використання золошлакових сумішей в дорожньому будівництві свідчить про наступне.

Зола сухого відбору:

- повітльтвердіюче самостійне в'язуче для влаштування шарів основ дорожніх одягів із укріплених ґрунтів та кам'яних матеріалів;
- активна гідравлічна добавка у поєднанні з неорганічними в'язучими (цементом або вапном) для влаштування шарів основ;
- активна гідравлічна добавка у поєднанні з бітумними або полімер бітумними в'язучими;
- складова частина мінерального порошку або для його заміни при приготуванні асфальтобетонної суміші;
- добавка замість частини цементу и заповнювача при приготуванні бетонів і розчинів.

Відвальні зола шлакові суміші гідровидалення:

- техногенний ґрунт для влаштування дорожніх насипів;
- матеріал, укріплений цементом або іншими в'язучими, для влаштування шарів основ і додаткових шарів основ дорожніх одягів;
- малоактивна гідралічна добавка до вапна для приготування зола вапняних в'язучих при укріпленні ґрунтів та кам'яних матеріалів;
- на заміну мінерального порошку і частково піску при приготуванні асфальтобетону;
- заповнювач для виготовлення важкого піщаного бетону.

На даний час існує ряд нормативних документів, які регламентують можливість застосування зола-шлакових відходів у дорожньому будівництві.

Так для використання в якості ґрунту земляного полотна автомобільних доріг необхідно дотримуватись вимог ДБН В.2.3-4 [12], які передбачають застосовувати ґрунти за класифікацією, що відповідає ДСТУ Б В.2.1-2 [13]. Згідно цієї класифікації золошлакові суміші ТЕС відносяться до IV класу – **техногенних дисперсних ґрунтів**, до типу – **відходи виробничої та господарської діяльності**, до виду – **золошлаки**. Золошлакові суміші ТЕС можуть використовуватись як самостійно, так і як гранулометричні домішки до ґрунту для оптимізації його зернового складу. Це дає можливості для кожного конкретного об'єкту використовувати золошлакові суміші після отримання технологічних та фізико-механічних характеристик: оптимальної вологості, максимальної щільності скелету ґрунту, пористості, дійсної щільності, коефіцієнту фільтрації, міцнісних характеристик (кут внутрішнього тертя, питоме зчеплення), деформативних характеристик (модуль пружності, модуль деформації, коефіцієнт поперечної деформації) та інші.

Для використання при влаштуванні шарів дорожніх одягів з ґрунтів, укріплених в'язучими матеріалами необхідно, щоб золошлакові суміші ТЕС відповідали вимогам ВБН В.2.3-218-541 [14]. Крім того золошлакові суміші також можуть бути використані, як компонент шлаколужного в'язучого при укріпленні ґрунтів на заміну традиційного портландцементу, при умові відповідного проектування та підбору рецепту таких матеріалів [15].

Золошлакові суміші ТЕС можуть бути застосовані, як дрібні заповнювачі та крупні заповнювачі, що відповідаючи вимогам ДСТУ Б В.2.7-29 [16] та ДСТУ Б В.2.7-74 [17] до дрібних та крупних заповнювачів із відходів промисловості у різноманітних розчинах та сумішах загально-будівельного та дорожнього

призначення. Зокрема при виготовленні бетонних сумішей у відповідності з вимогами ДСТУ Б В.2.7-211, а також при влаштуванні неукріплених та укріплених щебених і гравійних шарів основ дорожніх одягів у відповідності з ВБН В.2.3-218-189 [18]. Крім того як компоненти в'язучого золошлакові суміші також можуть бути використані у виготовленні шлаколузних цементів на заміну традиційного портландцементу. З цією метою потрібно здійснити всі необхідні стандартні процедури проектування і підбору рецептів вказаних вище матеріалів, виконуючи необхідні лабораторні випробування.

Золошлакові суміші ТЕС також можуть бути застосовані, як мінеральні компоненти бітумо-мінеральних сумішей, як холодних так і гарячих при дотриманні вимог ТУУ В.2.7-45.2-00018112-239 [19]. Такі бітумо-мінеральні суміші можуть бути використані, як при влаштуванні шарів основи, так і шарів покриття місцевих доріг при їх будівництві і реконструкції, а також капітального та поточного ремонту автомобільних доріг загального користування в усіх дорожньо-кліматичних зонах України згідно з ДБН В.2.3-4 [12].

При дотриманні вимог СОУ 42.1-37641918-104 [20] золи-виносу та суміші золошлакові теплових електростанцій можуть бути застосовані для таких видів робіт.

Зола як складова в залежності від виду може застосовуватись при приготуванні цементобетонних сумішей для основи конструкцій дорожнього одягу жорсткого типу і для щебенево-піщаних та гравійно-піщаних сумішей укріплених цементом.

Суміші золошлакові І групи призначаються для влаштування додаткових шарів основи дорожнього одягу (дренуючих та морозозахисних шарів), а також як складова суміші щебенево-піщаної або суміші ґрунтової. Золошлакові суміші цієї групи, укріплені неорганічними в'язучими, придатні для будівництва основи дорожнього одягу.

Суміші золошлакові ІІ групи можуть бути використані для будівництва основ тільки спільно з добавкою не менше ніж 50 % щебеню або після їх укріплення неорганічними в'язучими.

Суміші золошлакові ІІІ групи можуть бути використані спільно з вапном або цементом для укріплення крупно-уламкових сумішей або незв'язних ґрунтів.

Суміші золошлакові І-ІІІ групи можуть застосовуватись для будівництва насипів земляного полотна згідно з ДБН В.2.3-4 [12], ВБН 2.3-218-171 [21].

Крім того є потенційна можливість на основі додаткових досліджень розробити рекомендації по більш ефективному використанні золошлаків ТЕС в матеріалах для здійснення ямкового ремонту, особливо, для несприятливих умов згідно з ВБН В. 3.2-218-542 [22], а також при виконанні робіт по влаштуванні шарів основи автомобільних доріг методом холодного ресайклінгу згідно з ВБН В.2.3-218-539 [23] і роботах, що ще непередбачені чинними нормативними документами.

Література

1. Хлопицький О.О. Перспективи розвитку переробки твердих шлакових відходів теплових електростанцій у готові продукти [Текст] / О.О. Хлопицький, Н. П. Макаrenchенко // Праці Одеського політехнічного університету. – 2013. – № 3 (42). – С. 91–93.
2. Хлопицький О.О. Стан, проблеми та перспективи переробки золошлакових відходів теплоелектростанцій України // Scientific Journal «ScienceRise». – 2014). – №4/2(4). – http://cyberleninka.ru/viewer_images/15692275/p/1.png.
3. Кутовий, В. О. Золовідвали електростанцій як джерело забруднення довкілля [Текст] / В. О. Кутовий, М. В. Коновальчик, Н. П. Канюк // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту. – 2006. – № 1(2). – С. 90–94.
4. Черенцова, А.А. Оценка влияния золоотвала Хабаровской ТЭЦ-3 на компоненты окружающей среды [Текст] / А.А. Черенцова // Электронное научное издание «Ученые заметки ТОГУ». – 2012. – Том 3. – № 1. – С. 29-42.
5. Бариева, Э.Р. Оценка экологической опасности золошлаковых отходов Казанской ТЭЦ-2 [Текст] / Э.Р. Бариева, Э.А. Королев, Н.Х. Галимуллина и др. // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2008. – № 5-6. – С. 108-111.
6. Проблема золовідвалу. – 2016. – <http://ukrainka.org/community/ problema-zolovidvalu.html>.
7. А.І. Горова, А.В. Павличенко А.І. Горова, А.В. Павличенко Дослідження екологічного стану територій розміщення золошлакових відходів теплових електростанцій. – <http://rr.nmu.org.ua/pdf/2013/20131016-52.pdf>.
8. Радовенчик, В. М. Тверді відходи: збір, переробка, складування [Текст] : навч. пос. / В. М. Радовенчик, М. Д. Гомеля. – К.: Кондор, 2010. – 552 с.
9. Сысоев, Ю. М. Перспективы использования золошлаков [Текст] / Ю. М. Сысоев // Комплексное использование зол углей в народном хозяйстве Иркутск: Изд-во Иркут.ун-та, 1989. – С. 9–10.
10. Ладжинська ТЕС утилізує золошлакові відходи, замість простого складування на спеціальних відвалах. Мета утилізації золошлакових відходів – не отримати прибуток, а мінімізувати використання золошлаковідвалу, який досяг критичних розмірів. . – 2016. – <http://lad.vn.ua/ekonomika/ladzhinska-tes-pustila-na-prodazh-zoloshlakovi-vidhodi.html>.
11. В. Вишневецький. Для будівництва доріг можна використовувати золошлакові відходи. – <http://portal.lviv.ua/article/2016/04/01/dlya-budivnitstva-dorig-mozhna-vikoristovuvati-zoloshlakovi-vidhodi>.
12. ДБН В.2.3-4:2015 Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво.

13. ДСТУ Б В.2.1-2-96 Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Класифікація.
14. ВБН В.2.3-218-541:2010 Споруди транспорту. Влаштування шарів дорожніх одягів з ґрунтів, укріплених в'язучими матеріалами.
15. ДСТУ Б В.2.7-181:2009 Будівельні матеріали. Цементи лужні. Технічні умови.
16. ДСТУ Б В.2.7-29-95 Будівельні матеріали. Дрібні заповнювачі природні, із відходів промисловості, штучні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Класифікація.
17. ДСТУ Б В.2.7-74-98 Строительные материалы. Крупные заполнители природные, из отходов промышленности, искусственные для строительных материалов, изделий, конструкций и работ.
18. ВБН В.2.3-218-189-2005 Споруди транспорту. Влаштування неукріплених та укріплених щебеневих і гравійних шарів основ дорожніх одягів.
19. ТУУ В.2.7-45.2-00018112-239:2005 Суміші органо-мінеральні холодні та гарячі дорожні. Технічні умови.
20. СОУ 42.1-37641918-104:2013 Золи-виносу та суміші золи шлакові теплових електростанцій для дорожніх робіт. Технічні умови.
21. ВБН В.2.3-218-171-2002 Споруди транспорту. Спорудження земляного полотна автомобільних доріг.
22. ВБН В. 3.2-218-542:2009 Проведення аварійних робіт з ліквідації ямковості на асфальтобетонному покритті автомобільних доріг у холодний період року за несприятливих погодних умов.
23. ВБН В.2.3-218-539:2007 Споруди транспорту. Влаштування шарів дорожнього одягу автомобільних доріг загального користування із холодних сумішей, що містять фрезерований асфальтобетон.

Рецензенти:

Жданюк В.К., д-р техн. наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.

Хрутьба В.О., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Zhdaniuk V.K., Dr. Tech. Sci., Kharkiv National Automobile and Highway University.

Hrutba V.O., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **24.04.2017 р.**

УДК 504.05/.06

Мусяца О.Н., канд. хім. наук

ЕКОЛОГІЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ ПІРОЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ СУЛЬФІДНО-ОКСИДНОЇ МЕТАЛУРГІЙНОЇ СУРМ'ЯНОЇ СИРОВИНИ

Анотація. Відомо широке і різнобічне застосування сульфідів і оксидів металів в різних галузях сучасної техніки. Більшість з цих матеріалів є єдиними, а в деяких випадках і поширеними мінералами - основними складовими руд сировинної бази кольорової металургії. Переробка їх ведеться в основному двома промисловими методами: піро- і гідрометалургійним, які мають багато еколого-економічних недоліків. Всебічний аналіз ставить завдання розробки принципово нової технології, яка б забезпечувала максимальне виділення металів, використовувала в виробництві вторинну сировину і відходи, яка б сприяла покращенню екології виробництв. Велика теоретична і експериментальна база надала можливість запропонувати електролітичне розкладання сульфідно-оксидних розплавів кольорових металів з високими еколого-економічними показниками. Комбінована піроелектрохімічна технологія полягає в використанні електролізерів замкнутого типу з додатковим отриманням в анодному просторі парів сірки, які конденсуються і є додатковим товарним продуктом, а також отриманні будівельних матеріалів з відвальних шлаків, що є основними складовими прогресу технології за замкненим циклом в кольоровій металургії. Істотне оздоровлення екологічного стану за рахунок скорочення площ, які використовуються для відвалів і зливних озер, а також отримання товарної сірки, що не отруює атмосферу і все навколишнє сірчистим газом, отримання будівельних матеріалів з відвальних шлаків - є тими екологічними оптимізаторами, що надають суттєву перевагу запропонованій технології за замкненим циклом в кольоровій металургії.

Ключові слова: екологія, сульфід, оксид, розплав, електроліз, замкнений цикл.

УДК 504.05/.06

Мустяца О.Н., канд. хим. наук

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ПИРОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ СУЛЬФИДНО-ОКСИДНОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО СУРЬМЯНОГО СЫРЬЯ

Аннотация. Известно широкое и всестороннее применение сульфидов и оксидов цветных металлов в различных отраслях современной техники. Большинство из этих материалов являются единственными, а в отдельных случаях и распространенными минералами - основными составляющими руд сырьевой базы цветной металлургии. Переработка их ведётся в основном двумя промышленными методами: пиро- и гидрометаллургическим, которые имеют много эколого-экономических недостатков. Всесторонний анализ ставит задачу разработки принципиально новой технологии, которая б обеспечивала максимальное извлечение металлов, использовала в производстве вторичное сырьё и отходы, которая способствовала б улучшению экологии производства. Большая теоретическая и экспериментальная база позволила предложить электролитическое разложение сульфидно-оксидных расплавов цветных металлов с высокими эколого-экономическими показателями. Комбинированная пироэлектрохимическая технология состоит в использовании электролизёров замкнутого типа с дополнительным получением в анодном пространстве паров серы, которые конденсируются и являются дополнительным товарным продуктом, и получении строительных материалов из отвальных шлаков, что является основными составляющими прогресса технологии с замкнутым циклом в цветной металлургии. Существенное оздоровление экологического состояния за счёт сокращения площадей, которые используются для отвалов и сливных озёр, а также получения товарной серы, которая не отравляет атмосферу и все окружающее сернистым газом, получение строительных материалов из отвальных шлаков - являются экологическими оптимизаторами, которые определяют преимущество предложенной технологии с замкнутым циклом в цветной металлургии.

Ключевые слова: экология, сульфиды, оксиды, расплавы, электролиз, замкнутый цикл.

UDC 504.05/.06

Mustiatsa O., Cand. Chem. Sci. (Ph.D.)

ECOLOGICAL OPTIMIZATION OF PYROELECTROCHEMICAL PROCESSING OF SULPHIDE-OXIDE METALLURGICAL ANTIMONY RAW MATERIALS

Abstract. A wide and comprehensive application of sulfides and oxides of non-ferrous metals is known in various branches of modern technology. Most of these materials are the only, and in some cases, common minerals - the main components of the ores of the raw materials base of non-ferrous metallurgy. Their processing is carried out mainly by two industrial methods: pyro- and hydrometallurgical, which have many ecological and economic disadvantages. A comprehensive analysis raises the task of developing a fundamentally new technology that would ensure the maximum extraction of metals, use secondary raw materials and waste in production, which would improve the ecology of production. A large theoretical and experimental base made it possible to propose electrolytic decomposition of sulfide-oxide melts of non-ferrous metals with high ecological and economic indices. The combined pyroelectrochemical technology consists in the use of electrolyzers of closed type with additional production of sulfur vapors in the anode space, which condense and are an additional commercial product, and the production of building materials from waste slag, which are the main components of the progress of closed-cycle technology in non-ferrous metallurgy. The significant improvement of the ecological state due to the reduction of areas used for dumps and drainage lakes, as well as the receipt of commodity sulfur, which does not poison the atmosphere and everything surrounding sulfur dioxide, the receipt of building materials from waste slag - are environmental optimizers that determine the advantage of the proposed technology with Closed cycle in non-ferrous metallurgy.

Keywords: ecology, sulfides, oxides, melts, electrolysis, closed cycle.

Вступ

Існування в природі великої кількості мінеральної сировини кольорової металургії обмежується хімічним складом сполук, що їх утворюють. Як правило, це оксиди, халькогеніди та галогеніди. Велика кількість простих речовин, що

утворюють кінцеві (товарні) продукти металургійних виробництв, є халькофільними елементами.

Халькофільні елементи в умовах земної кори входять переважно до складу халькогенідних мінералів (сульфіди, селеніди, телуриди). До халькофільних відносяться мідь, срібло, цинк, олово, свинець, миш'як, сурма, вісмут і інші елементи.

У зв'язку з цим, для переробки таких реагентів з метою отримання з них металів розроблено велику кількість технологій. Сьогодні необхідно, використовуючи існуючий досвід промисловості, науковий потенціал та враховуючи економічну скруту в державах, знайти найбільш універсальну, вигідну в економічних відносинах і екологічному плані технологію із замкненим циклом.

З цією метою проведено аналіз основних технологій, які використовуються і можуть бути застосовані для отримання кольорових металів, а також композитних матеріалів на їх основі [1-5]. Дослідження електрохімічних властивостей високотемпературних систем, що містять халькогеніди, викликають великий інтерес вчених і практиків у зв'язку з особливими властивостями цих об'єктів, які роблять їх цінними матеріалами для нової техніки і промисловості. Добре відомо широке і різнобічне застосування халькогенідів, зокрема сульфідів металів, в сучасній електронній техніці, в практиці створення перспективних хімічних джерел струму, перетворювачів енергії та ін. [6-15]. Важливими сульфіди металів є ще й тому, що більшість з них є єдиними, а в деяких випадках і поширеними мінералами - основними складовими руд сировинної бази кольорової металургії [3]. Переробка сульфідної сировини ведеться в основному двома промисловими методами: піро- і гідрометалургійним, які на сьогоднішній день не можна вважати достатньо ефективними (сучасними), так як обидва вони пов'язані зі значними виробничими площами, мають багато переділів, вимагають значних виробничих ресурсів, не забезпечують повного вилучення цінних складових сировини, в основному необоротно втрачається сірка, вони досить далекі від вимог, що забезпечують охорону навколишнього середовища. Основні недоліки технологій пов'язані з екологічними проблемами: величезні території хвостосховищ збагачувальних цехів, значні земельні площі під складування відходів пірометалургійних виробництв у вигляді відвалів штейнів і шлаків, соленакопичувачи для зберігання електроліту, що утворюється при

вищолочуванні сурми з подальшим електролізом за гідрометалургійною схемою виробництва. Дощами, талими водами і вітрами токсичні елементи всіх цих відходів (миш'як, сурма, ртуть, сульфід натрію) переносяться в бік населених районів, що створює непоправну екологічну шкоду. Існують комбіновані методи, але і вони не вирішують проблеми.

Мета і об'єкти дослідження. Перспективним видається направлення електрохімічного виділення металів з розплавлених електролітів, який є найбільш ефективним в металургії легких конструкційних металів. За допомогою електрохімічних методів в даний час з розплавів отримують лужні і лужноземельні метали, берилій, алюміній, сплави, проводиться поділ і рафінування ряду тугоплавких і важких кольорових металів, лудіння і алюмініювання металів. В останні роки істотно розширена сфера застосування в електрохімічних переділах сольових електролітів. Однак, найбільш вивченими, як і раніше залишаються галогенідні розплави. Електроліз розплавів сульфидної сировини дозволить інтенсифікувати виробництво кольорових металів, підвищити продуктивність, зробити дешевшим процес виробництва необхідних народному господарству металів, запобігти забрудненню навколишнього середовища. Важливість і актуальність освоєння сульфідних руд знайшли своє відображення і в комплексній програмі з освоєння природних запасів. Підприємства кольорової металургії досі використовують застарілі технології, не розраховані на замкнуті цикли і повну утилізацію відходів виробництва. Все це обумовлює великі втрати цінних складових сировини за рахунок викидів в атмосферу у вигляді газів і пилу, а також у вигляді відвальних матеріалів. Найбільш непоправне - це екологічне забруднення навколишнього середовища. Звідси актуальність створення замкнутих безвідходних виробництв в різних галузях кольорової металургії, в тому числі сурм'яній підгалузі, яка використовує сульфідну, сульфідно-оксидну поліметалеву сировину. Аналіз відповідних коштів переробки сурмувміщуючих матеріалів ставить завдання розробки принципово нової технології, яка б забезпечувала максимальне виділення сурми і використовувала в виробництві вторинну сировину і відходи. Ряд досліджень, виконаних за останні 60 років, значно розширили сферу застосування електролітичних методів в сольових розплавах. Однак, найбільш вивченими залишаються галогенідні і лужні розплави, тоді як для отримання кольорових металів безпосередньо з їх руд, які представлені, головним чином, сульфідами і оксидами, великий інтерес являють сульфідно-оксидні розплави.

До теперішнього часу не здійснено жодного промислового процесу в таких розплавах. Це пов'язано з тим, що клас розплавів сульфідів і оксидів важких кольорових металів становить окрему групу в сімействі розплавів.

Аналіз фізико-хімічних властивостей об'єктів дослідження. Фундаментальні дослідження фізико- та електрохімічної поведінки розплавів халькогенідів і оксидів важких кольорових металів, що ведуться з середини ХХ століття і по наш час, дозволили з'ясувати складну природу провідності цих розплавів [15-22]. Так металургами протягом тривалого часу використовувалася теорія термічної дисоціації, яка описувала рідкий шлак як розчин, що містить тільки молекули оксидів і їх сполук. У відповідності з основною, чисто якісним становищем, цю точку зору можна назвати молекулярною теорією рідких шлаків. Однак, таке припущення знаходилося в суперечності з експериментальними фактами. Роботами Єсіна, Самаріна, Тьомкіна, Кожеурова і інших дослідників [15, 20, 23, 24] рідкі металургійні шлаки визначалися як іонні розплави, а уявлення про шлак були узагальнені в так звану "іонну теорію шлаків", згідно з якою рідкі шлаки розглядаються не як молекулярні розчини, а як рідини, що складаються з простих і складних іонів. Іонна теорія експериментально підтвердилася на підставі визначення величин питомої електропровідності і знака її температурного коефіцієнта, величини стрибка провідності при температурі плавлення, можливості створення гальванічних елементів з рідким шлаком в якості електроліту і, нарешті, можливістю електролізу [20]. Однак, при подальшому експериментальному вивченні розплавлених оксидів, що входять до складу металургійних шлаків, проведеного Єсіним, Ватоліним, Лепінських, Пастуховим, Зязєвим, Манаковим, Шуригіним і іншими визначено, що рідкі шлаки крім іонної володіють і електронною провідністю. Електронна провідність чітко проявляється в розплавах FeO , Bi_2O_3 , CuO , V_2O_5 , Nb_2O_5 і інших оксидах.

Роботами школи Ю.К. Делімарського під керівництвом А.Я. Великанова [16, 18-22] виявлено, що розплави сульфідів, селенідів і телуридів важких кольорових металів також є змішаними провідниками, провідність яких обумовлена одночасною дією декількох механізмів переносу зарядів, що в подальшому підтверджено роботами Д.К. Белащенка та інших авторів. Раніше електронна провідність розплавлених сульфідів відзначалася в роботах Дергі. Спираючись на великий експериментальний матеріал, А.Я. Великанов [16] висунув уявлення про рідкі поліфункціональні провідники, тобто таких, в яких

вклад кожної складової провідності має різну функціональну залежність від температури і деяких інших чинників. Загальний вигляд функціональної залежності електропровідності такого провідника від температури має складний характер через відмінності залежностей $\sigma = f(t)$ кожної з компонент, сума яких і визначає електропровідність в цілому. Перевага одного з внесків призводить до виявлення електрохімічних властивостей, характерних для природи цього внеску. Розглядаючи причини появи напівпровідникової та металевої провідності в розплавах при відносно високих температурах, в першому наближенні, можна пов'язувати їх з зонними уявленнями [6-10]. Однак в даний час причини прояви напівпровідності і металізації в розплавлених середовищах частіше пов'язується з природою хімічних зв'язків [7, 10]. Вважається, що посилення ковалентності хімічних зв'язків веде до виявлення напівпровідникових властивостей, а руйнування їх - в одних випадках - до "металізації розплавів" (поява зв'язків типу - Me - Me -), а в інших - до збільшення іонності. Обидва трактування успішно поєднуються і їх можна використовувати спільно. Роботами Регеля і Глазова з співробітниками [6, 7, 17] показано, що характер хімічного зв'язку в напівпровідниках може варіюватися від чисто гомеоплярного до майже металевого, і з підвищенням температури напівпровідникові властивості речовин, що зберігаються після плавлення, поступово вироджуються і напівпровідник починає металізуватися, тобто спостерігається зміна характеру хімічних зв'язків в розплаві.

Обговорення результатів. На підставі вивчення електрохімічних та електрофізичних властивостей великої кількості розплавлених халькогенідів і оксидів важких кольорових металів була показана можливість керування природою провідності таких розплавів. Великий теоретичний і експериментальний матеріал був застосований для аналізу можливості електролітичного розкладання сульфідних розплавів кольорових металів, результатом чого з'явився новий спосіб переробки сульфідної сировини [25]. Новий спосіб електролізу розплавлених сульфідів випробовувався на прикладі промислової сурм'яної сировини. Отримані результати дозволили запропонувати оригінальну схему отримання сурми з розплавів сурмяно-натрієвих штейнов. Запропонована схема технологічного процесу проста, дозволяє отримувати досить чистий метал, а також одночасно отримувати елементарну сірку, як товарний продукт, і має всі переваги, властиві процесам в розплавлених солях, а саме: а) велика інтенсивність процесів (густина струму

при електролізі розплавів має порядок 1000 А/м^2 , в той час, як у водних розчинах густина струму зазвичай дорівнює $100\text{-}300 \text{ А/м}^2$); б) в одну або дві стадії вдається отримати продукт достатньої чистоти, що виключає необхідність в тривалих і трудомістких операціях доведення і рафінування, пов'язаного з отриманням дросів, з'ємів і шлаків; в) електрохімічні процеси в розплавах можуть бути механізовані й автоматизовані, можлива безперервна схема виробництва; г) досить чистий метал може бути отриманий в рідкому вигляді і розлитий в форми, в результаті чого відпадає необхідність у відмиванні електродів, здиранні катодних осадів і їх переплавки.

Розробка електролітичного способу переділу таких розплавів і вивчення їх властивостей є цікавою і актуальною проблемою ще й тому, що крім спрощення та здешевлення технології, рішення такого завдання не пов'язане із забрудненням навколишнього середовища, що неминуче при зазвичай застосовуваних методах.

Для вирішення цього завдання запропонована комбінована електрохімічна технологія, яка дає можливість отримувати металеву сурму і вирішувати екологічні проблеми [26-31] (рис.1).

Піроелектрохіміческая переробка таких матеріалів полягає в використанні електролізерів замкнутого типу з додатковим отриманням в анодному просторі парів сірки, які конденсуються і є додатковим товарним продуктом (рис.2).

У печі передбачені відсіки для плавки на штейн і електрохімічне розкладання його на метал і сірку. Жужільний відсік розрахований на утилізацію відвальних продуктів з отриманням різних видів будівельних матеріалів. Застосування цієї технологічної схеми для переробки золотовмісних сульфідних і сульфідно-оксидних сурм'яних концентратів дозволило істотно підвищити видобуток всіх складових сировини, утилізувати відвальні продукти і тим самим підняти економічну та екологічну спрямованість виробництва, в цілому, на високий рівень. Досліджено умови виділення металу з оксидної сурмяної сировини (антимонат, возгони, оксидна мінеральна сурм'яна сировина) в штейнових відвальних розплавах. Результатом цієї роботи є розробка нової технології відновлювальної плавки антимоната натрію і сурмовміщуючого пилу в штейнових розплавах.

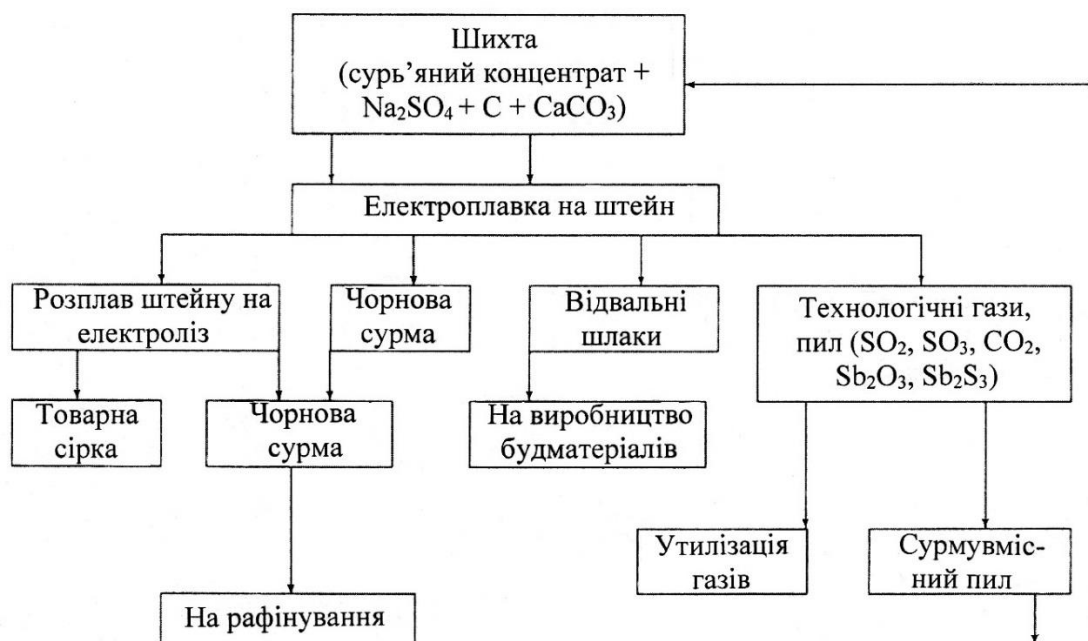


Рисунок 1 – Технологічна схема переробки сульфідних і сульфідно-оксидних сурм'яних концентратів за замкненим циклом

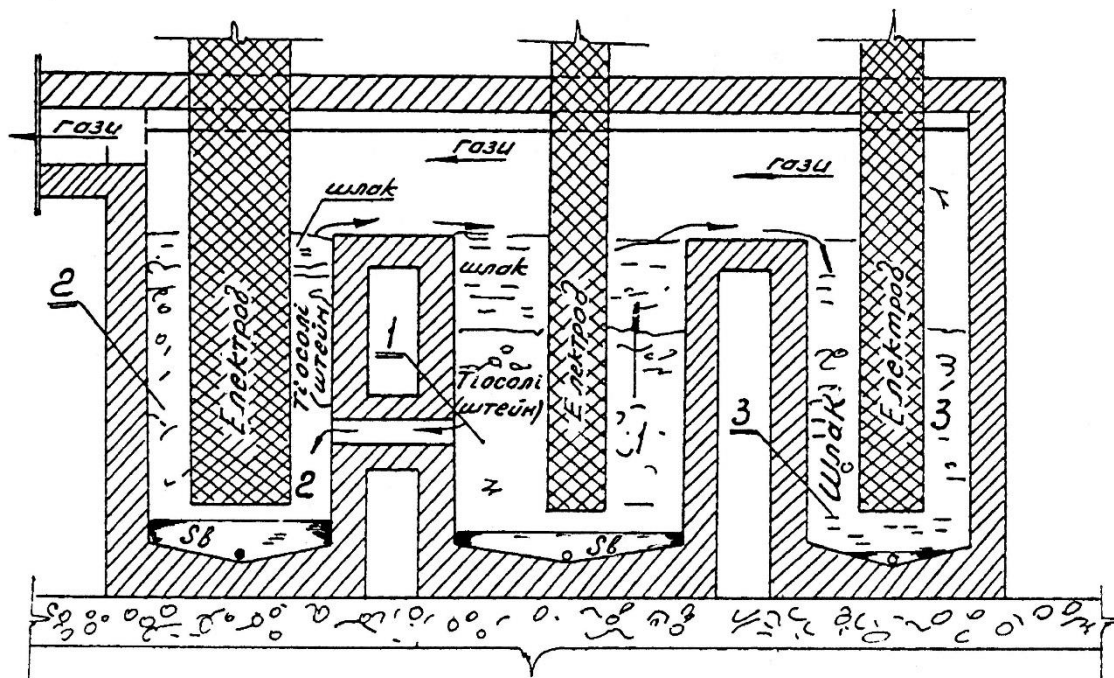


Рисунок 2 – Схема комплексної електропічі для піроелектрохімічної переробки сульфідної, сульфідно-оксидної і оксидної первинної і вторинної металургійної сировини

Разом зі співробітниками Інституту металургії та збагачення НАН Казахстану, Інституту загальної та неорганічної хімії НАН України і Кадамджайського сурм'яного комбінату (Киргизстан) нами був сконструйований укрупнено-лабораторний електролізер періодичної дії і проведені відповідні випробування електрохімічного розкладання тіосолі сурми

в ньому. Встановлено оптимальні умови електролізу - температура, густина анодного і катодного струму, їх співвідношення, склад електроліту. На виробництво 1 т металевої сурми марки СУ-0 за новою технологією необхідна потужність 2000 кВт·год. У той же час на виробництво 1 т електролітичної сурми за гідрометалургійною схемою витрачається 4273 кВт·год електроенергії. Зниження витрат на електроенергію при виробництві 1 т електролітичної сурми марки СУ-0, виходячи з оптимальних умов електролізу розплавів тіосолі (температура - 973 К, напруга на клеммах електролітичної ванни - 2 В, середній вихід за струмом металевої сурми - 70%), дає економію її більш ніж в 2 рази в порівнянні з гідрометалургійною схемою виробництва сурми. Даний розрахунок є попереднім, тому що не охоплює повної економічної ефективності, яка, крім усього, пов'язана з різким скороченням технологічної нитки виробництва. Аналіз даних показує, що витрати на тонну готової продукції СУ-2 з оксидної сировини за вищенаведеною технологією, в порівнянні з існуючими, нижче на 20%, а при отриманні СУ 0 - на 46%. Звідси економічна ефективність нового процесу за матеріалами, реагентами, електроенергією і паливом. Необхідно відзначити, що при цьому практично до мінімуму зведені втрати металу зі шлаками. Тому витяг сурми в готову продукцію вище в порівнянні з існуючими технологіями на 3-5%, що дозволяє отримувати додатково метал і відповідно економічний ефект.

Висновки

Еколого-економічна оцінка, проведена нами, враховує тільки основні витрати, пов'язані зі зниженням кількості сировини, що переробляється за рахунок підвищення вилучення. Істотне оздоровлення екологічного стану за рахунок скорочення площ, які використовуються для відвалів і зливних озер, а також отримання товарної сірки, що не отруює атмосферу і все навколишнє сірчистим газом, отримання будівельних матеріалів з відвальних шлаків - є основними складовими прогресу піроелектрохімічної технології за замкненим циклом в кольоровий металургії. Запропоновану технологію можна ефективно використовувати для переробки антимонату натрію (як промпродукту) з отриманням сурм'яно-свинцевого сплаву або металевої сурми, які безпосередньо використовуються в акумуляторній промисловості при створенні свинцево-кислотних хімічних джерел струму.

Література

1. Сурьма / Сажин Н.П. /. - М.: Металлургиздат, 1941, 252 с.
2. Производство сурьмы / Шиянов А.Г. /. – М.: Металлургиздат, 1961, 176 с.
3. Сурьма / Под ред. Мельникова С.М. /. – М.: Металлургия, 1977, 536 с.
4. Патентный обзор по способам извлечения сурьмы. Сред. Аз. Цвет. Мет., Алма-Ата. 1967.
5. Сурьма / Мустяца О.Н. // Энциклопедия неорганических материалов. - Т. 2. - К.: ГРУСЭ. – 1977, с. 484-486.
6. Вопросы теории и исследования полупроводников и процессов полупроводниковой металлургии / Регель А.Р. /. – Л.: Академиздат, 1955, 12 с.
7. Жидкие полупроводники / Глазов В.М., Чижевская С.Н., Глаголева Н.Н. /. – М.: Наука, 1967.
8. Полупроводниковые соединения, их получение и свойства / Абрикосов Н.Х., Банкаина В.Ф., Порецкая Л.В., Скуднова Е.В., Шелимова Л.Е. /. – М.: Наука, 1967.
9. Электроны в неупорядоченных структурах / Мотт Н.Ф. /. - М.: Мир, 1969.
10. Переходы металл – изолятор / Мотт Н.Ф. /. - М.: Наука, 1979.
11. Химические источники тока с высокой энергоемкостью. Итоги науки и техники. Т.8. / Петрин Б.К. /. - М.: ВИНТИ, 1986, 134 с.
12. Исследования в области электрохимической энергетики. Сб. научн. трудов. - Л.: Энергоатомиздат, 1988, 161 с.
13. Литиевые источники тока / Кедринский И.А., Дмитренко В.Е., Грудянов И.И. /. – М.: Энергоатомиздат, 1992, 241 с.
14. Литиевые источники тока. Теория, практика и их производство // Тр. I Конференции Международной ассоциации «ИНТЕРБАТ» по литиевым аккумуляторам. - К.: - 1997. - 128 с.
15. Физическая химия пирометаллургических процессов / Есин О.А., Гельд П.В. /. – М.: Металлургия, 1966.
16. Электрохимическое исследование расплавленных сульфидов тяжёлых металлов: Авторефер. дис... канд. хим. наук:/ Великанов А.А. / ДХТИ МВССО УССР. - Днепропетровск, 1962. – 16 с.
17. Физические свойства электронных расплавов / Регель А.Р., Глазов В.М./-. – М.: Наука, 1980.
18. Исследование электрохимических и электрофизических свойств расплавов халькогенидов мышьяка, сурьмы и висмута: Дис...канд. хим. наук: 02.074 / Мустяца О.Н. / ИОНХ АН УССР. – К.: ИОНХ АН УССР, 1970. – 133 с.
19. Электрохимическое исследование халькогенидных расплавов: Авторефер. дис...докт. хим. наук: 02.074 / Великанов А.А. / ИОНХ АН УССР. – К., 1971. – 40 с.
20. Электрохимическое восстановление элементов из оксидных и оксифторидных расплавов: Дис...докт. хим. наук: 02.00.05 / Манакон А.И. / КМИ МВССО РСФСР. – Курган, 1975. -242 с.
21. Электрохимическое исследование расплавов систем на основе сульфида сурьмы: Дис...канд. хим. наук: 02.00.05 / Загоровский Г.М. / КАДИ МВССО УССР. - К., 1979. - 150 с.
22. Электрохимическое исследование сульфидно-хлоридных расплавов: Дис...канд. хим. наук: 02.00.05 / Власенко Г.Г. / ИОНХ АН УССР. – К., 1979. - 139 с.
23. Дифракционные исследования строения высокотемпературных расплавов / Ватолин Н.А., Пастухов Э.А. – М.: Наука, 1980. -188 с.

24. *Электрические свойства нестехиометрических оксидных расплавов* / Пастухов Э.А., Мусихин В.И., Ватолин Н.А. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1984. - 112 с.
25. *А.с. 285241 СССР, МКИ С 22 В 31/00*. Способ переработки сульфидного сырья / А.А. Великанов, Ю.К. Делимарский, О.Н. Мустяца, Г.И. Миронюк, А.А. Розловский, П.П. Шевчук (СССР); КГУ. Заявл. 05.05.69. Зарег. 13.08.70.
26. *А.с. 947212 СССР, МКИ С 22 В 30/02*. Шихта для пироэлектрохимической переработки сурьмяного сульфидного сырья / О.Н. Мустяца, А.А. Великанов, Г.М. Загоровский (СССР); КАДИ. Заявл. 23.01.81. Зарег. 01.04.82.
27. *А.с. 455619 СССР, МКИ С 22 В 31/00*. Способ совместной переработки окисленного и сульфидного сурьмяного сырья / О.Н. Мустяца, Г.И. Миронюк, Г.М. Загоровский, П.Д. Кунилов, А.А. Великанов (СССР); НТУ. Заявл. 13.02.89. Зарег. 6.09.74.
28. *А.с. 1642761 СССР, МКИ С 22 В 11/02, 30/02, С 25 С 1/20*. Способ переработки золотосурьмяных концентратов / Г.Г. Власенко, О.Г. Зарубицкий, О.Н. Мустяца, В.А. Лата, А.Н. Малашок, Б.Ю. Розов (СССР); ИОНХ. - № 4649196/02. Заявл. 13.02.89. Зарег. 15.12.90.
29. *А.с. 1769546 СССР, МКИ С 25 В 30/02*. Шихта для переработки сурьмусодержащих материалов электроплавкой / Л.В. Соколовская, В.А. Лата, Г.Г. Власенко, С.О. Алексеев, О.Н. Мустяца, О.Г. Зарубицкий, С.М. Фоменко (СССР); ИМиО АН Каз.ССР. - № 4861486/02; Заявл. 09.07.90. Зарег. 15.06.92.
30. *А.с. 1818856 СССР, МКИ С 22 В 30/02*. Способ переработки сурьмусодержащих материалов / А.М. Медведев, В.А. Лата, О.Г. Зарубицкий, Г.Г. Власенко, С.О. Алексеев, А.Н. Малашок, О.Н. Мустяца (СССР). ИОНХ. - № 4935820/02; Заявл. 12.05.91. Зарег. 11.10.92.
31. *Пат. 3647. Республика Казахстан*. Шихта для переработки сурьмусодержащих материалов электроплавкой / Л.В. Соколовская, В.А. Лата, Г.Г. Власенко, С.О. Алексеев, О.Н. Мустяца, О.Г. Зарубицкий, С.М. Фоменко; ИМиО НАН РК. - № 4861486/02 (SU); - № 934 (RK); 26.02.93. Заявл. 09.07.90. Зарег. 26.02.93.

Рецензенти:

Казіміров В.П., д-р хім. наук, Київський нац. університет ім. Тараса Шевченка.

Мудрак К.В., канд. хім. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Kazimirov V.P., Dr. Chem. Sci., National Taras Shevchenko University.

Mudrak K.V., Cand. Chem. Sci. (Ph.D.), National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **25.04.2017 р.**