

РОЗВІДУВАННЯ, ПРОЕКТУВАННЯ ДОРІГ ТА ПЕРЕХОДІВ ЧЕРЕЗ ВОДОТОКИ

УДК 625.7/.8 : 004

Петрович В.В., канд. техн. наук, **Чечуга О.С.**, канд. техн. наук,
Каськів В.І., канд. техн. наук, **Усиченко О.Ю.**, канд. техн. наук

КОНТЕНТ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Анотація. Проведено огляд деяких зарубіжних систем автоматизованого проектування (САПР) автомобільних доріг і розглянуто основні можливості цих систем. В огляді виділено відмінні риси САПР.

Ключові слова: автомобільна дорога, дорожній одяг, земляне полотно, програмний комплекс, система автоматизованого проектування, траса, цифрова модель місцевості.

УДК 625.7/.8 : 004

Петрович В.В., канд. техн. наук, **Чечуга А.С.**, канд. техн. наук,
Каськів В.И., канд. техн. наук, **Усиченко Е.Ю.**, канд. техн. наук

КОНТЕНТ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Аннотация. Проведен обзор некоторых зарубежных систем автоматизированного проектирования (САПР) автомобильных дорог и рассмотрены основные возможности этих систем. В обзоре выделены отличительные черты САПР.

Ключевые слова: автомобильная дорога, дорожная одежда, земляное полотно, программный комплекс, система автоматизированного проектирования, трасса, цифровая модель местности.

Petrovych V.V., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), **Chechuha O.S.**, Cand. Eng. Sci. (Ph.D.),
Kaskiv V.I., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), **Usychenko O.Yu.**, Cand. Eng. Sci. (Ph.D.)

CONTENT OF THE SOFTWARE PROJECTING ROAD

Abstract. The review of some foreign computer-aided design (CAD) of roads and the basic capabilities of these systems. The review highlighted the distinctive features of CAD.

Keywords: road, pavement, roadbed, software system, computer-aided design, track, digital terrain models.

Вступ

Вибір інструменту при вирішенні будь-яких задач здебільшого визначає кінцевий результат. Системи автоматизованого проектування (СПАР) автомобільних доріг покликані допомогти інженеру-проектувальнику під час прийняття проектних рішень, що дозволяє йому максимально збільшити продуктивність праці, реалізувати свій творчий потенціал і, в підсумку, отримати необхідний результат.

У теперішній час, системи автоматизованого проектування широко застосовуються на всіх етапах проектування, починаючи зі збирання та обробки геодезичної інформації та закінчуючи підготовкою креслень і кошторисних розрахунків. Вибір тієї чи іншої системи на кожному із етапів залежить від багатьох факторів – це й вид проектної діяльності, й масштаби проектів, що реалізуються, а іноді й просто традиції, що склалися в організації.

У багатьох випадках для виконання проектних робіт в організації буває недостатньо використання програм, що розроблені однією компанією, і тоді використовуються декілька програм різних розробників в комплексі. При такому підході важливо, щоб програми могли “обмінюватись” необхідними даними.

Нижче наведений огляд САПР автомобільних доріг, а також програм, що мають широке поширення в зарубіжних країнах.

Основна частина

Програмний комплекс Топоматик **Robur** розробляється в науково-виробничій фірмі Топоматик (www.topomatic.ru) з 1991 року і забезпечує вирішення комплексу дорожніх завдань від обробки матеріалів вишукувань до винесення проекту в натуру.

Топоматик Robur дозволяє проектувати заміські дороги всіх категорій, як з розділювальною смугою, так і без неї.

Програма має три робочих вікна: План, Профіль і Поперечник.

Імпорт-експорт креслень і ситуації виконаний у форматі DXF або за допомогою технології COM шляхом безпосередньої взаємодії з AutoCAD.

Програмний комплекс дозволяє виконувати та проектувати:

- геодезичну зйомку;
- геологічна модель;
- трасування;
- створення поздовжніх профілів;
- поперечний профіль;
- конструкції дорожнього одягу;
- відгін віражу;
- проектування укосів;
- проектування кюветів;
- реконструкцію;
- штучні споруди;
- ремонт покриття;
- картограми робіт;
- винесення в натуру;
- пересічення та примикання;
- дорожню розмітку;
- оцінку проектних рішень;
- візуалізацію;
- розрахунок дорожнього одягу.

САПР АТ **IndorCAD / Road** (www.indorsoft.ru) розвивається з початку 90-х років. До 2003 р. система розроблялася в Інженерному дорожньому центрі “Індор” і називалася ReCAD (за аббревіатурою слів реконструкції автомобільної дороги).

У березні 2003 р. система ReCAD була передана для подальшого розвитку в спеціалізовану фірму із розроблення програмного забезпечення “ІндорСофт. Інженерные сети и дороги”, яка поряд із системами автоматизованого проектування розробляє і геоінформаційні системи. У цей період система ReCAD була перейменована в систему IndorCAD / Road. IndorCAD, подібно MX, є ядром для цілої лінійки САПР об'єктів транспортного, промислового і

цивільного будівництва, в яку крім Road (Автомобільні дороги), також входять Торо (Топографія), Rail (Залізниця), Pipe (Трубопроводи), Site (Генеральні плани).

Система IndorCAD / Road дозволяє проектувати автомобільні дороги усіх категорій на стадії їх будівництва, реконструкції, модернізації та ремонту.

Система IndorCAD / Road складається з п'яти основних компонентів (вікон): план, поздовжній профіль, верх земляного полотна, поперечний профіль, 3D вид. Дані всіх компонентів взаємопов'язані і будь-які зміни, виконані в плані, поздовжньому або поперечному профілі миттєво відображаються у всіх відкритих вікнах.

Геодезичний редактор IndorSurveyу призначений для обробки даних, отриманих в ході топографо-геодезичних вишукувань.

Редактор IndorSurvey можна використовувати як окремий програмний продукт, так і в складі інших систем (геоінформаційної системи IndorGIS, системи проектування IndorCAD тощо).

Креслення за проектом (план траси, поздовжній профіль, геологічні колонки, поперечні профілі) створюються в форматі системи підготовки креслень IndorDraw.

САПР АТ **PLATEIA** (в перекладі з давньогрецької – дорога, шлях) розробляється з початку 90-х років словенською фірмою CGS (www.cgs.com). Програмний комплекс PLATEIA використовує в якості графічного ядра AutoCAD (рекомендується Autodesk Land Desktop). Працює зі стандартами багатьох країн: Росія, Словаччина, Швейцарія, Чехія, Німеччина, Польща, Румунія та ін. PLATEIA призначена для проектування та реконструкції доріг, пересічень і примикань. Складається з модулів: Місцевість, Осі, Поздовжній профіль, Поперечні перерізи, Транспорт.

Модуль “Місцевість” (Layout) – набір інструментів для роботи із цифровою моделлю місцевості (ЦММ) і картами. Модуль має засоби імпорту даних з електронних геодезичних тахеометрів і з файлів різних форматів. На основі цих даних Layout генерує тривимірну модель рельєфу, яку можна імпортувати в спеціалізовані програми візуалізації і в ГІС (AutoCAD Map, Autodesk World).

Модуль “Вісь” (Axes) дозволяє прокладати трасу осьові лінії проектованої дороги. Трасування виконується за допомогою прямих, кругових і

перехідних кривих. У модулі Axes добре розвинений блок контролю параметрів траси, яку проектують із заданою категорією дороги і розрахунковою швидкістю руху.

Модуль “Поздовжній профіль” (Longitudinal Sections) включає інструменти формування проектної лінії, водовідвідних каналів і наближеного розрахунку обсягів земляних мас.

Модуль “Поперечні перерізи” (Cross Sections) дозволяє побудувати за даними параметрами обриси укосів, каналів, рослинного шару, шару підсіпки тощо.

Модуль Транспорт (Traffic) – це набір інструментів для проектування пересічень, розмітки і дорожніх знаків. Унікальна функція “Динамічна траєкторія” (Dynamic Vehicle Curves) дозволяє в інтерактивному режимі аналізувати траєкторії руху транспорту з урахуванням їх габаритів і заносів на поворотах.

САПР АТ **MXRoad** є одним з модулів сімейства продуктів MX від фірми Infracore (США) (Infracore у 2003 р. увійшла до складу компанії Bentley Systems, одного зі світових лідерів у розробленні програм класу САПР і ГІС). Крім MXRoad до складу модулів входить система проектування залізниць та їх інфраструктури (MXRail), система планування земельних ділянок під забудову (MXSite), система проектування модернізації та ремонту вулиць і доріг (MXRenew) і редактор підготовки проектної документації (MXDraw).

MXRoad призначений для проектування автомобільних доріг будь-якої технічної категорії, пересічень і примикання різної складності.

Програми серії MX повністю сумісні з MS Windows.

MXRoad забезпечує:

- введення вихідних даних і їх аналіз;
- проектування дороги за допомогою динамічного 3D-трасування;
- використання 3D-осьових ліній для визначення всіх елементів проїжджої частини дороги та узбіч;
- автоматичний розрахунок віражів і приведення похилів віражу у відповідність із місцевими стандартами;
- автоматичне проектування перехресть;
- проектування земляного полотна;
- інтерактивна зміна поперечних перерізів;

- проектування конструкцій дорожнього одягу;
- підрахунок обсягів дорожніх робіт;
- аналіз видимості;
- автоматична підготовка креслень і візуалізація.

САПР CREDO розроблена науково-виробничим об'єднанням “Кредо-Діалог” (м. Мінськ).

САПР-АД CREDO – програмний комплекс, призначений для обробки даних інженерних вишукувань, цифрового моделювання місцевості, проектування автомобільних доріг. Він має модульну структуру і складається з ряду підсистем й окремих завдань. Кожна підсистема комплексу CREDO бере участь в єдиному технологічному процесі проектування, будучи, у той же час, самостійним програмним модулем, і може експлуатуватися окремо. Система автоматизованого проектування CREDO дозволяє вирішувати наступні завдання автоматизованого проектування транспортних споруд:

- камеральна обробка даних інженерно-геодезичних вишукувань;
- підготовка даних для створення цифрової моделі місцевості інженерного призначення;
- створення і корегування ЦММ інженерного призначення на основі даних вишукувань та існуючих картографічних матеріалів;
- формування креслень топопланів і планшетів на основі створеної цифрової моделі місцевості, експорт даних ЦММ в інші системи автоматизованого проектування і геоінформаційні системи;
- обробка даних інженерно-геологічних вишукувань, створення і корегування цифрової моделі геологічної будови майданчика або смуги вишукувань;
- проектування генеральних планів об'єктів промислового, цивільного і транспортного будівництва;
- проектування нового будівництва, реконструкції та капітального ремонту автомобільних доріг;
- проектування транспортних розв'язок.

Застосування набору програм CREDO “Дорожно-транспортное строительство” дозволяє здійснювати комплексну автоматизацію всього процесу проектування від обробки даних лінійних або зосереджених досліджень до отримання проектної документації.

Інноваційним рішенням у системі автоматизованого проектування об'єктів інфраструктури є **AutoCAD Civil 3D**. Очевидною перевагою програмного продукту є єдине динамічне середовище проектування, яке побудоване на основі широко відомої платформи AutoCAD.

Система автоматизованого проектування AutoCAD Civil 3D дозволяє виконувати будь-які стадії проектів будівництва, реконструкції та ремонту автомобільних доріг всіх категорій. Структурно процес проектування за допомогою даної системи можна розбити на наступні основні етапи:

- підготовка ЦММ;
- визначення траси дороги у плані і профілі;
- тривимірне моделювання автомобільної дороги;
- розрахунок об'ємів робіт і створення вихідної документації.

Динамічне середовище програмного комплексу дозволяє інженерам-проектувальникам працювати з єдиною моделлю автомобільної дороги. При внесенні змін у будь-яку складову проекту – трасу, поздовжній профіль, конструкцію – будуть автоматично оновлюватися і загальна модель коридору, та всі побудовані на основі коридору або взаємопов'язані з ним об'єкти.

Динамічне середовище AutoCAD Civil 3D дозволяє автоматично оновлювати не тільки модель проекту, але і вихідні креслення і результати розрахунків. Розрахунок об'ємів земляних робіт здійснюється по осях перетинів і поверхонь чорної землі і коридору. Кодами форм елементів конструкцій можуть бути задані матеріали дорожнього одягу (асфальтобетон, пісок, гравій тощо) та інших елементів дороги. Далі відповідними інструментами розраховують обсяги робіт і матеріалів.

По осях перетинів також оформляються необхідні для випуску проекту поперечні профілі в необхідному зовнішньому вигляді, які розбиті на листи для виведення на друк. Механізм автоматизованого формування вихідних креслень дозволяє здійснити нарізку листів плану і поздовжнього профілю траси за потрібними шаблонами.

Висновок

Не важко помітити, що навіть вибірковий аналіз деяких програмних рішень в області САПР автомобільних доріг вже дозволяє виділити основні тенденції в розвитку дорожнього проектування. Закінчуються ті часи, коли САПР конкурували між собою, намагаючись надати користувачам по

можливості як більший набір інструментів для вирішення 100 % можливих задач, що виникають під час проектування. Це пов'язано з тим, що практично всі системи на теперішній час вже володіють необхідним функціоналом для виконання широкого кола задач проектування. В одній системі зручніші одні інструменти, в другій – інші. Тому вибір підходящої САПР часом переходить у площину суб'єктивного сприйняття системи, де важливу роль відіграє зручний і дружній інтерфейс системи, простота освоєння, а також продумана і логічна технологія роботи.

Хотілось би зауважити, що який би шлях розвитку не вибрали сучасні САПР, головне, щоб у підсумку вигоду із цього винесли основні учасники цього процесу – кінцеві користувачі програмних продуктів.

Література

1. Кривых И.В., Мирза Н.С. Обзор зарубежных САПР Автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2015. – № 2(5). – С. 68-77.
2. Круглов С. Проектирование автомобильных дорог в САПР AutoCAD Civil 3D // САПР и графика. – 2011. – № 8. – С. 38-40.
3. Бойков В.Н., Федотов Г.А., Пуркин В.И. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог (на примере IndorCAD/Road). – М.: Изд-во МАДИ (ГТУ), 2005. – 224 с.

Рецензенти:

Угненко Є.Б., д-р техн. наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.

Гончаренко Ф.П., канд. техн. наук, ДП "Укрдіпроддор".

Reviewers:

Uhlenko Ye.B., Dr. Tech. Sci., Kharkiv National Automobile and Highway University.

Honcharenko F.P., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), "Ukrdiprodor".

Стаття надійшла до редакції: **10.01.2017 р.**

УДК 625.7

Рахуба О.І., канд. техн. наук, Тимощук О.Ю.

ДОЦІЛЬНІСТЬ ПАСПОРТИЗАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ МІСЦЕВОГО ЗНАЧЕННЯ

Анотація. У статті розглянуто питання доцільності паспортизації автомобільних доріг місцевого значення. Проаналізовано причини незадовільного стану мережі автомобільних доріг місцевого значення. Наведено основні особливості виконання робіт з паспортизації автомобільних доріг місцевого значення.

Ключові слова: автомобільна дорога, інформаційна база даних, паспортизація, показник, реорганізація.

УДК 625.7

Рахуба А.И., канд. техн. наук, Тимощук А.Ю.

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПАСПОРТИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ МЕСТНОГО ЗНАЧЕНИЯ

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос целесообразности паспортизации автомобильных дорог местного значения. Проанализированы причины неудовлетворительного состояния сети автомобильных дорог местного значения. Приведены основные особенности выполнения работ по паспортизации автомобильных дорог местного значения.

Ключевые слова: автомобильная дорога, информационная база данных, паспортизация, показатель, реорганизация.

UDC 625.7

Rahuba O.I., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Tymoshchuk A.Yu.

THE FEASIBILITY OF CERTIFICATION OF LOCAL ROADS

Abstract. In article considered the feasibility certification of roads of local importance. The reasons of the poor state network of local roads. The basic features of the works on certification of roads of local importance.

Keywords: road, information database, certification, index, reorganization.

Вступ

Ефективна мережа місцевих автомобільних доріг є важливим елементом сталого соціально-економічного розвитку як окремого регіону, так і держави вцілому. Тому одним із основних завдань органів місцевого самоврядування є виконання усіх покладених на них функцій щодо відновлення та розвитку мережі автомобільних доріг для забезпечення усіх користувачів безпечними та комфортними умовами руху.

Основна частина

Катастрофічний стан місцевої мережі автомобільних доріг спричинений рядом системних проблем в дорожній галузі:

- протягом останніх 15–20 років недотримання міжремонтних термінів експлуатації дорожніх покриттів;
- відсутністю планових поточних ремонтів, тим більше капітальних для відновлення транспортно-експлуатаційних показників покриття (рівності, міцності, зчеплення тощо) до нормативних значень;
- збільшення навантаження на вісь не лише розрахункового (з 6,0 кН до 10,5 кН), але й фактичного з появою великовагових транспортних засобів.

Враховуючи ситуацію, що склалася з мережею автомобільних доріг та те, що відповідно до Конфепції реформування системи державного управління автомобільними дорогами загального користування [1] згідно якої до управління органів місцевого самоврядування передається більше 120 тис.км автомобільних доріг в «неналежному» стані, впоратися з усіма наведеними проблемами буде досить не просто.

Оскільки для розробки будь-яких стратегічних планів та прийняття управлінських рішень стосовно відновлення мережі автомобільних доріг місцевого значення, необхідна достовірна інформація про їх поточний стан, актуальним є виконання робіт з паспортизації та технічного обліку доріг. Це також обумовлюється тим, що як свідчить практика, прийняття рішень без наявності актуальної інформації, знижує їх ефективність на 20-30 %.

Враховуючи те, що на сьогодні відсоток наявності паспортів автомобільних доріг є досить низьким (як в паперовому так і в електронному вигляді), процес паспортизації стає досить трудомістким і тривалим процесом. Згідно [2] для розробки паспорта автомобільної дороги необхідно зібрати дані про більше, ніж 1400 показників.

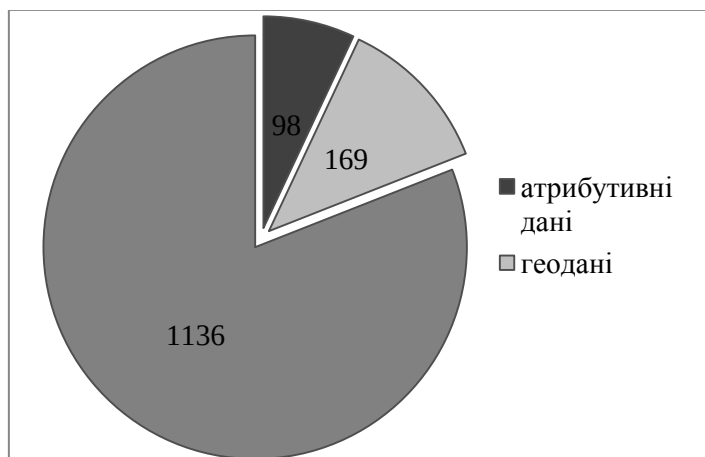


Рисунок 1 – Структура даних паспорта автомобільної дороги

Паспорт автомобільної дороги є тією складовою у вертикалі процесу управління в дорожній галузі, яка містить вхідні показники, на основі яких приймаються певні рішення. Але на дорогах місцевого значення з урахуванням її фактичного стану, не вирішуються всі завдання у порівнянні з автомобільними дорогами державного значення (екологічні дослідження, шумову навантаження тощо). В зв'язку з цим необхідно виконувати складання паспортів на основі обмеженої кількості показників, перелік яких необхідно обґрунтовувати.

Тому на початковому етапі при проведенні робіт з паспортизації та створення інформаційної бази даних паспортів автомобільних доріг (далі - ІБДП), необхідно встановити множину показників, дані про які необхідно першочергово збирати із заданим рівнем надійності.

Наступним етапом є розробка стратегії відновлення мережі автомобільних доріг місцевого значення з урахуванням зібраної інформації про поточний стан доріг, з урахуванням ряду критеріїв:

- соціальна ефективність - підвищення безпеки та комфортності руху для користувачів доріг, зменшення часу на проїзд автомобільною дорогою;
- соціальна-економічна ефективність - ліквідація аварійно-небезпечних ділянок на автомобільних дорогах та зменшення втрат від дорожньо-транспортних пригод;
- економічна ефективність - зменшення часу доставки вантажів та підвищення продуктивності транспортного руху.

Приоритетність окремого критерію необхідно приймати з урахуванням відповідного техніко-економічного обґрунтування. Також проведення усіх робіт з паспортизації та створення ІБДП мережі автомобільних доріг місцевого значення необхідно виконувати в гармонізації і спорідненості із розробками та впровадженнями у сфері інформаційного забезпечення при управлінні автомобільними дорогами державного значення.

Висновки

На сьогодні мережа автомобільних доріг місцевого значення знаходиться у вкрай незадовільному стані та потребує негайного відновлення для задоволення потреби користувачів. Проте без наявності достатньої інформації про поточний стан доріг – якісно це виконати практично неможливо.

Одним із першочергових кроків є виконання робіт з паспортизації для збору інформації про достатню множину показників. Встановлений перелік показників має бути обґрунтовано та встановлено рівні надійності для певної автомобільної дороги із урахуванням її народногосподарського значення.

Література

1. Концепція реформування системи державного управління автомобільними дорогами загального користування схвалена Розпорядженням Кабінету міністрів України від 20 серпня 2008 р. № 1096 (в редакції розпорядження Кабінету Міністрів України від 31 березня 2015 р. № 432-р).
2. СОУ 42.1-37641918-038:2016 Паспорт автомобільної дороги.

Рецензенти:

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

Гончаренко Ф.П., канд. техн. наук, ДП "Укрдипродор".

Reviewers:

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

Honcharenko F.P., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), "Ukrdiprodor".

Стаття надійшла до редакції: **21.12.2016 р.**

УДК 625.852

Ряпухін В.М., канд. техн. наук, **Дорожко Є.В.**, канд. техн. наук

**ВИЗНАЧЕННЯ ТОВЩИНИ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ШАРУ НА
ЖОРСТКІЙ ОСНОВІ З УМОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОГО
ЗЧЕПЛЕННЯ НА КОНТАКТІ ШАРІВ**

Анотація. Встановлені мінімально допустимі товщини асфальтобетонного шару на жорсткій основі для різних регіонів України, які необхідно передбачити при конструюванні, для забезпечення надійного зчеплення на контакті шарів для різних типів підґрунтовки.

Ключові слова: асфальтобетонний шар, жорстка основа, напружено-деформований стан, критерії міцності.

УДК 625.852

Ряпухин В.М., канд. техн. наук, **Дорожко Є.В.**, канд. техн. наук

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО СЛОЯ НА
ЖЕСТКОЙ ОСНОВЕ ИЗ УСЛОВИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОГО
СЦЕПЛЕНИЯ НА КОНТАКТЕ СЛОЕВ**

Аннотация. Установлены минимально допустимые толщины асфальтобетонного слоя на жестком основании для различных регионов Украины, которые необходимо предусмотреть при конструировании, для обеспечения надежного сцепления на контакте слоев для разных типов подгрунтовки.

Ключевые слова: асфальтобетонный слой, жесткое основание, напряженно-деформированное состояние, критерии прочности.

UDC 625.852

Riapuhin V.M., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), **Dorozhko Ye.V.** Cand. Eng. Sci. (Ph.D.)

**THE DETERMINATION OF THE THICKNESS OF ASPHALT CONCRETE
LAYER ON A RIGID FOUNDATION TO PROVIDE A FIRM GRIP ON THE
CONTACT LAYERS**

Abstract. The minimum allowable thickness of asphalt concrete layer on a rigid base for various regions of Ukraine, which must be considered when designing, to ensure a firm grip on the contact layers for different types of prime coating.

Keywords: asphalt layer, a rigid base, the stress-strain state, the strength criteria.

В Україні експлуатується понад 2400 км доріг загального користування з жорстким дорожнім одягом. Більшість з них побудовані в 50-х...70-х роках минулого століття. Майже всі вони потребують ремонту або вже відремонтовані з використанням асфальтобетонних шарів покриття.

До основних видів пошкоджень асфальтобетонних шарів покриття жорстких дорожніх одягів відносяться відображені тріщини над швами цементобетонних плити та втрата зчеплення між асфальтобетонним шаром і цементобетонною плитою. Проблема відображених тріщин достатньо успішно вирішують за рахунок влаштування деформаційних швів в асфальтобетонному шарі над швами цементобетонних плит. Таким чином покриття розрізається на плити, які працюють окремо одна від одної [1-3].

Втрата зчеплення асфальтобетонного шару та цементобетонної плити призводить до швидкого руйнування асфальтобетонного шару. Руйнування відбувається, оскільки асфальтобетонний не здатен витримувати горизонтальне навантаження від сил гальмування та тягової сили транспортних засобів. Накопичення води також сприяє швидкому руйнуванню покриття, оскільки при проїзді транспортних засобів відбувається швидке переміщення води під покриттям та виникає ефект гідравлічного удару [4, 5].

З урахуванням вище викладеного обов'язково при конструюванні та будівництві необхідно передбачати забезпечення зчеплення контакту шарів з асфальтобетону та цементобетонну, та виконувати перевірку забезпечення його міцності.

На етапі конструювання необхідно виконати підбір необхідної витрати та раціональний виду підґрунтовки між асфальтобетонним покриттями та жорсткою основою, що дозволить забезпечити надійне зчеплення контакту шарів та запобігти передчасним руйнуванням асфальтобетонного покриття.

Поведінка асфальтобетонних шарів на цементобетонних плитах значно відрізняється від інших конструктивних рішень. Це пояснюється тим, що асфальтобетонні шари на жорсткій основі знаходяться під одночасним впливом напружень від дії транспортних засобів та напружень від температурних деформацій. Для врахування сумісної дії напружень від транспортних засобів та напружень від температурного деформування пропонується скористатись принципом суперпозиції, виходячи з якого напруження від різних факторів підсумовуються. Напруження визначаємо окремо від дії транспортного

навантаження і окремо від температурного деформування, з врахуванням часу дії навантажень. Потім визначені напруження від двох окремих складових підсумовуємо [6].

На контакті асфальтобетонного шару і цементобетонної плити від розрахункового транспортного навантаження і температурного деформування конструкції виникають дотичні (зсуваючі) напруження, що можуть привести до розшарування асфальтобетонного покриття і цементобетонної плити.

Критерій міцності на контакті шарів приймаємо відповідно до методики [7, 8]:

$$K_{\text{мц}} \leq \frac{\tau_{\text{зр}}}{\tau_a} = \frac{\tau_{\text{лаб}} \cdot \left(1 - v_{\tau} \cdot t\right)}{\tau_a}, \quad (1)$$

де τ_a – максимальні активні напруження зсуву на контакті шарів від дії транспортного навантаження та температурного деформування, МПа;

$\tau_{\text{зр}}$ – допустимі (граничні) дотичні напруження на зсув на контакті шарів, що не повинні перевищувати міцність на зсув в середині шару асфальтобетону, МПа;

$K_{\text{мц}}$ – коефіцієнт міцності на зсув на контакті шарів.

$\tau_{\text{лаб}}$ – міцність зчеплення контакту на зсув, МПа;

v_{τ} – коефіцієнт варіації міцності при зсуві;

t – коефіцієнт варіативності відхилення, що залежить від рівня надійності конструкції.

Для практичної оцінки міцності на зсув на контакті шарів проаналізуємо величини активних дотичних напружень τ_a та міцнісні параметри різних типів підґрунтовки.

Усі райони України за умовами роботи асфальтобетону, відповідно до класифікації наведеної у [10], можна розділити на три групи за схожими температурними інтервалами нагріву асфальтобетонного покриття:

– I група: район А1 нагрів від 20 °С до 52 °С, район А2 нагрів від 20 °С до 52 °С, район А3 нагрів від 22 °С до 53 °С. Для районів I групи прийнято нагрів від 20 °С до 52 °С.

– II група: район А4 нагрів від 22 °С до 55 °С, район А6 нагрів від 22 °С до 55 °С. Для районів II групи прийнято нагрів від 22 °С до 55 °С.

– III група: район А5 нагрів від 24 °С до 57 °С, район А7 нагрів від 22 °С до 57 °С. Для районів III групи прийнято нагрів від 24 °С до 57 °С.

Величини активних дотичних напружень на контакті шарів для різних груп визначено з врахуванням одночасної дії напружень від транспортного навантаження та температурного деформування.

Напруження від транспортного навантаження визначено методом скінчених елементів для різних умов руху: рух на перегоні, рух на кривих в плані і поздовжньому профілі, рух з екстремим гальмуванням.

Для визначення напружень в асфальтобетонному шарі на жорсткій основі використано трьохшарові моделі, що складаються з асфальтобетонного шару, цементобетонної плити (з забезпеченим зчепленням на контакті асфальтобетонного шару та цементобетонної плити) і пружної основи. Кожен шар характеризується модулем пружності, коефіцієнтом Пуассона та товщиною. Значення модуля пружності та коефіцієнта Пуассона залежать від температури шару.

Для підтвердження правильності результатів моделювання проведено порівняння отриманих результатів з результатами, що отримано за точними аналітичними рішеннями Х.М. Вестергарда та В.П. Плевако. Різниця між напруженнями визначеними в результаті чисельного моделювання із залученням методу скінчених елементів та напруженнями визначених за відомими аналітичними рішеннями не перевищує 7 %.

Статичне навантаження прикладається через круглий штамп, діаметр якого рівновеликий відбитку сліду колеса автомобіля, прийнято 34,5 см. Величину вертикального навантаження прийнято 0,8 МПа, горизонтальна сила приймається в межах від 5 кН (для прямолінійних ділянок) до 45 кН (для умов екстреного гальмування). За результатами моделювання розраховано складові напружень у декартовій системі координат.

Температурні напруження на контакті асфальтобетонного шару та цементобетонної плити визначено з врахуванням часу дії деформування відповідно до [11].

В результаті аналізу розрахунків встановлені мінімально необхідні товщини асфальтобетонного шару на жорсткій основі, які необхідно передбачити при конструюванні, для забезпечення надійного зчеплення на контакті шарів для різних типів підгрунтовки, і представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Мінімальні товщини асфальтобетонного шару на жорсткій основі з умови забезпечення надійного зчеплення контакту шарів

Умови руху	Тип підгрунтовки		Коефіцієнт надійності K_n
	розпилювальна підгрунтовка	бітумна емульсія	
І група (райони А1, А2, А3 за умовою роботи асфальтобетону)			
на перегоні	≥ 2 см	≥ 2 см	0,95
на кривих в плані	≥ 4 см	≥ 2 см	
на ділянках екстреного гальмування	≥ 8 см	≥ 4 см	
на перегоні	≥ 5 см	≥ 2 см	0,97
на кривих в плані	≥ 6 см	≥ 2 см	
на ділянках екстреного гальмування	≥ 10 см	≥ 5 см	
ІІ група (райони А4, А6 за умовою роботи асфальтобетону)			
на перегоні	≥ 6 см	≥ 2 см	0,95
на кривих в плані	≥ 6 см	≥ 2 см	
на ділянках екстреного гальмування	≥ 9 см	≥ 5 см	
на перегоні	≥ 7 см	≥ 2 см	0,97
на кривих в плані	≥ 7 см	≥ 2 см	
на ділянках екстреного гальмування	≥ 11 см	≥ 6 см	
ІІІ група (райони А5, А7 за умовою роботи асфальтобетону)			
на перегоні	≥ 6 см	≥ 2 см	0,95
на кривих в плані	≥ 7 см	≥ 2 см	
на ділянках екстреного гальмування	≥ 10 см	≥ 6 см	0,97
на перегоні	≥ 7 см	≥ 2 см	
на кривих в плані	≥ 8 см	≥ 2 см	
на ділянках екстреного гальмування	≥ 11 см	≥ 7 см	

Висновок

Встановлені мінімально допустимі товщини асфальтобетонного шару на жорсткій основі для різних регіонів України, які необхідно передбачити при конструюванні, для забезпечення надійного зчеплення на контакті шарів для різних типів підгрунтовки [12]:

- при використанні в якості підгрунтовки бітумної емульсії на ділянках перегону та кривих у плані необхідно передбачати товщину асфальтобетонного шару від 2 см і більше, на перехідно-швидкісних смугах та ділянках екстреного гальмування від 6 см і більше;
- при використанні розпилювальної підгрунтовки на ділянках перегону необхідно передбачати товщину асфальтобетонного шару від 6 см і більше, на кривих в плані від 7 см і більше, на перехідно-швидкісних смугах та ділянках екстреного гальмування 10 см і більше.

Література

1. Опыт проектирования и строительства асфальтобетонных покрытий на основаниях из тощего бетона. Серия Строительство и эксплуатация автомобильных дорог: [обзорн. инф. / подгот. В.И. Басурманова, Л.Б. Каменецкий]. – М.: ЦБНТИ, вып №7. – 1980. – 29 с.
2. Агаллков Ю.А. Исследование работоспособности тонких асфальтобетонных покрытий с повышенным содержанием щебня на цементобетонных основаниях: дис. кандидата техн. наук: 05.23.11 «Строительство автомобильных дорог и аэродромов» / Ю.А. Агаллков. – Омск, 1999. – 216 с.
3. Корочкин А.В. Элементы теории и практики повышения технико-эксплуатационных показателей жесткой дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием: дис. ... доктора техн. наук: 05.23.11 Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей / Корочкин Андрей Владимирович. – М., 2014. – 386 с.
4. Сюньи Г.К. Дорожный асфальтовый бетон / Г.К. Сюньи. – К.: Госиздат лит-ры по строит. и архитектуре УССР, 1962. – 234 с.
5. Невінгловський В.Ф. Метод розрахунку залишкового ресурсу асфальтобетонного покриття на транспортних спорудах: дис. ... кандидата техн. наук: 05.22.11 / Невінгловський Вадим Федорович. – К., 2015. – 196 с.
6. Дорожко Є.В. Врахування сумісної дії зовнішнього навантаження та температури при розрахунках тонких асфальтобетонних шарів на жорсткій основі / Є.В. Дорожко / Науковий вісник будівництва. – Х., ХНУБА, 2015. – Вип. 4/82. – С. 132-136.
7. Методика розрахунку на довговічність асфальтобетонного покриття залізобетонних автодорожніх мостів: М 02070915-750:2016. – [Чинний від 2016–01–01]. – К.: Укравтодор, 2016. – 57 с.
8. Онищенко А.М. Методика визначення міцності зчеплення між асфальтобетонним покриттям та залізобетонною основою мосту при зсуві / А.М. Онищенко, О.С. Різніченко, В.С. Куртев // Вісник НТУ. Серія «Технічні науки». – 2016. – Вип. 1 (34). – С. 319-327.
9. Асфальтобетон дорожній. Методика оцінки зчеплення між асфальтобетонними шарами при зсуві: СОУ 45.2-00018112-046:2009. – [Чинний від 2010–03–01]. – К.: Укравтодор, 2009. – 16 с.
10. Автомобільні дороги. Споруди транспорту: ДБН В.2.3-4-2007. – [Чинний від 2008–01–01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2007. – 91 с. – (Національний стандарт України).
11. Дорожко Є.В. Визначення температурних напружень в тонких асфальтобетонних шарах на жорсткій основі / Є.В. Дорожко, В.М. Ряпухін // «Наукові нотатки»: міжвузівський збірник за галузями знань «Металургія і матеріалознавство». – Луцьк, Луцький НТУ, 2014. – Вип. 46. – С. 147-153.
12. Дорожко Є.В. Удосконалення методу розрахунку тонких асфальтобетонних шарів на жорсткій основі: дис. ... кандидата техн. наук: 05.22.11 / Дорожко Євген Вікторович. – Х., 2016. – 280 с.

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: **27.01.2017 р.**

УДК 624.2

Ткачук С.Г., докт. техн. наук.

ТЕОРЕТИЧНА ЗАЛЕЖНІСТЬ ДОВЖИНИ ПІДПЕРТОГО ГІДРАВЛІЧНОГО СТРИБКА

Анотація. При конструюванні гасителів енергії типу водобійного колодязя і водобійного уступу допускається визначати їх довжину в залежності від довжини підпертого гідравлічного стрибка. Існуючі рекомендації М.Д.Чертоусова дозволяють скорочувати довжину досконалого стрибка на 20...30%. Ці суто емпіричні границі стиснення не супроводжуються аналізом умов, за яких вони доцільні і в якій мірі допустимі.

Користуючись рівнянням підпертого гідравлічного стрибка і постулатом про еквівалентність втрат енергій в стрибку і роботи сил інерції, виводиться теоретична формула для довжини підпертого стрибка. Наводиться аналіз залежності довжини підпертого стрибка від гідравлічних параметрів потоку.

Ключові слова: гасителі енергії, підпертий гідравлічний стрибок, втрати енергії в стрибку, гідравлічні параметри потоку.

УДК 624.2

Ткачук С.Г., докт. техн. наук.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ДЛИНЫ ПІДПЕРТОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРЫЖКА

Аннотация. При конструировании гасителей энергии по типу водобойного колодца и водобойного уступа допускается назначать их длину в зависимости от длины подпертого гидравлического прыжка. Существующие рекомендации М.Д.Чертоусова позволяют сократить длину совершенного прыжка на 20...30%. Эти сугубо эмпирические границы сжатия не сопровождаются анализом условий, для которых они целесообразны и в какой мере допустимы.

Руководствуясь уравнением подпёртого гидравлического прыжка и постулатом об эквивалентности потерь энергии в прыжке и работой сил инерции, выводится теоретическая формула для длины подпёртого прыжка. Приводится анализ зависимости длины подпёртого прыжка от гидравлических параметров потока.

Ключевые слова: гасители энергии, подпертый гидравлический прыжок, потери энергии в прыжке, гидравлические параметры потока.

UDC 624.2

Tkachuk S.H, Dr. Tech. Sci.

THE THEORETICAL DEPENDENCE OF THE LENGTH OF THE HYDRAULIC JUMP PAPERTOLE

Abstract. In the design of energy absorbers according to the type of stilling basin the stilling basin and the ledge is allowed to appoint their length depending on the length of the hydraulic jump is backed. References M. D. Chertousov reduce the length of the perfect jump by 20...30%. These purely empirical boundary compression are not accompanied by analysis of the conditions for which they are suitable and to what extent valid.

Backed guided by the equation of the hydraulic jump and the postulate of the equivalence of the energy loss in the jump and the work of the inertia forces, is derived a theoretical formula for the length of the jump is backed. The analysis depends on the length backed jump from the hydraulic parameters of the flow.

Keywords: energy absorbers, backed by a hydraulic jump, energy loss in jump, the hydraulic parameters of the flow.

Гідравлічний стрибок являє собою унікальний елемент відкритого потоку, якому властива певна «пружність», тобто він піддається стисненню, що використовується при конструюванні гасителів енергії. Такий скорочений по довжині стрибок називається підпертим. Довгий час для визначення довжини підпертого гідравлічного стрибка у водобійних уступах і колодязях послуговувались емпіричною рекомендацією М.Д.Чертоусова [1], за якою

довжину досконалого гідралічного стрибка можна скоротити на 20...20 %. Але за відсутності на той час теоретичного обґрунтування довжини стрибка, такий підхід до її визначення видається не досить переконливим. Рекомендація М.Д.Чертоусова не враховує зв'язок між довжиною підпертого стрибка $\ell_{\text{сп}}$ з глибиною водобійного колодязя (уступа) d і нормальною глибиною y відвідному руслі h_0 .

Основне рівняння підпертого гідралічного стрибка, так як і досконалого, виводиться з фундаментального закону збереження кількості руху (імпульсу) і на прикладі водобійного уступу (рис. 1) має вид

$$\frac{Q^2}{g \omega_1} + y_1 \omega_1 = \frac{Q^2}{g \omega_0} + y_2 \omega_2 \quad (1)$$

де ω_1 та ω_0 –площі живого перерізу для першої спряженої глибини та нормальної y відвідному руслі; ω_2 – площа живого перерізу для другої спряженої глибини; y_1 та y_2 – глибини занурення центрів ваги перерізів із спряженими глибинами h_1 та h_2 .

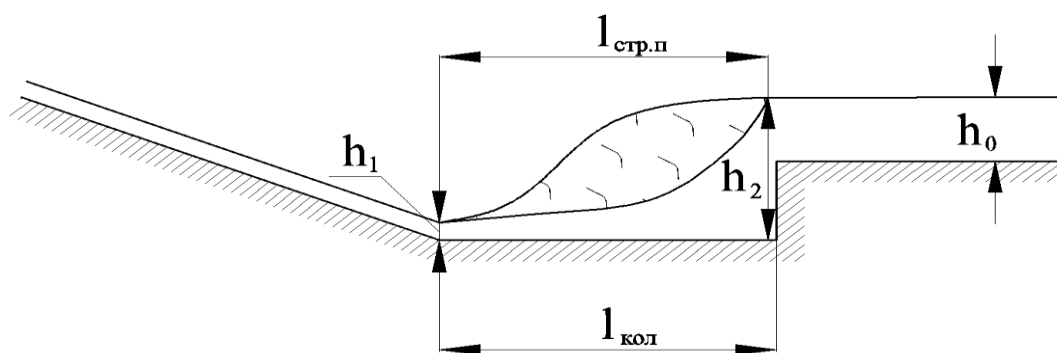


Рисунок 1 – Схема підпертого гідралічного стрибка

Для русел з прямокутним живим перерізом $\omega = bh$. Поділивши всі доданки на ширину русла b і врахувавши, що $Q^2/gb^2 = h_K^3$, отримаємо іншу форму основного рівняння підпертого гідралічного стрибка

$$\frac{h_K^3}{h_1} + \frac{h_1^2}{2} = \frac{h_K^3}{h_0} + \frac{h_2^2}{2} \quad (2)$$

Звідси відношення спряжених глибин підпертого стрибка становить:

$$\eta_{с.п} = \frac{h_2}{h_1} = \sqrt{1 + 2h_K^3 \left(\frac{1}{h_1^3} - \frac{1}{h_0 h_1^2} \right)}, \quad (3)$$

Суцільні тонкі криві на рис. 2 відповідають залежності (3) для різних значень відношення критичної глибини до нормальної $h_K/h_0 = 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 0,85$.

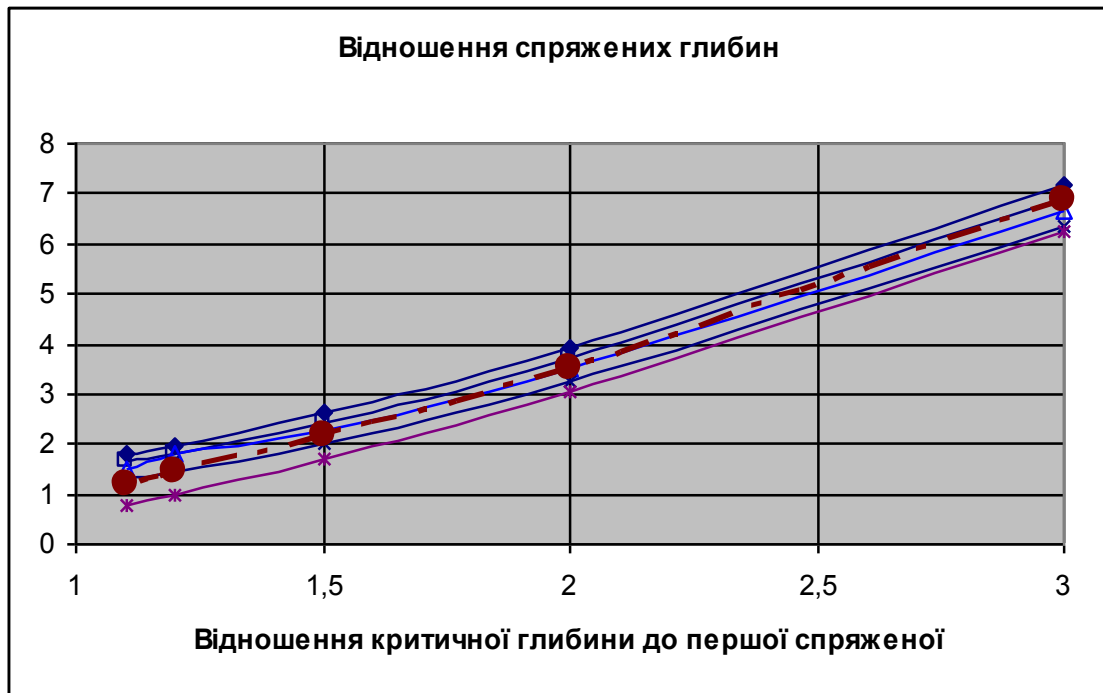


Рисунок 2 – Відношення спряжених глибин для підпертого і досконалого гідравлічних стрибків

Штрих-пунктирна товста лінія на рис. 2 відтворює відношення спряжених глибин досконалого гідравлічного стрибка:

$$\eta_{с.д} = \frac{1}{2} \left[\sqrt{1 + 8 \left(\frac{h_K}{h_1} \right)^3} - 1 \right]. \quad (4)$$

Отримані теоретичні і графічні залежності (рис. 2) свідчать про незначний вплив нормальної глибини в нижньому б'єфі на відношення спряжених глибин для підпертого гідравлічного стрибка. Крім того, залежність (4) практично накладається на сукупність кривих для підпертого стрибка, що

підтверджує ідентичність співвідношення спряжених глибин для підпертого і досконалого гідравлічних стрибків.

Для визначення довжини підпертого гідравлічного стрибка застосовується постулат про тотожність втрат енергії і роботи сил інерції в стрибку, справедливості якого була доведена в [2]. Отже вважається, що питомі втрати енергії витрачаються на питому роботу сил інерції:

$$\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1 = \frac{a}{g} (h_2 - h_1) \quad (5)$$

де a – середнє уповільнення поступального руху води в гідравлічному стрибку:

$$a = \frac{V_0 - V_1}{t},$$

а середнє значення часу t необхідного для переміщення потоку в стрибку на відстань, що становить його довжину дорівнює:

$$t = \frac{2 \ell_{с.п}}{V_0 + V_1}$$

Причому цей час буде однаковим для подолання неплавнозмінним потоком відстані $\ell_{с.п}$ і для збільшення його глибини від h_1 до h_2 .

Таким чином, враховуючи ці міркування, довжина підпертого гідравлічного стрибка в руслах довільного поперечного профілю буде такою:

$$\ell_{с.п} = \frac{(V_0^2 - V_1^2)(h_2 - h_1)}{2g(h_2 - \mathcal{E}_1)} \quad (6)$$

Використовуючи теоретичну залежність питомих втрат енергії у гідравлічному стрибку в руслах прямокутного живого перерізу, останню формулу можна записати в такому виді:

$$\ell_{с.п} = \frac{4\eta(h_0^2 - 1)V_0^2}{\eta - 1 \cdot 2g}, \quad (7)$$

де: $\eta = h_2/h_1$ - відношення спряжених глибин; $\eta_0 = h_0/h_1$ – відношення нормальної глибини в нижньому б'єфі до першої спряженої.

Порівнюючи довжину підпертого (7) і досконалого гідравлічних стрибків в руслах з прямокутним живим перерізом, формула для якої була отримана С.Г.Ткачуком [2]

$$\ell_{с.д} = \frac{4\eta(h+1)V_2^2}{\eta - 1 \cdot 2g},$$

матимемо їх відношення:

$$\Theta = \frac{\ell_{с.п}}{\ell_{с.д}} = \frac{\zeta_0^2 - 1}{\zeta^2 - 1} \frac{\eta^2}{\eta_0^2} \quad (8)$$

Аналіз останньої залежності свідчить, що коли $\eta_0 = \eta$, то $\theta = 1$, тобто довжина досконалого і підпертого гідравлічних стрибків дорівнюють один одному $\ell_{с.д} = \ell_{с.п}$. За таких умов гідравлічний стрибок відбувається в потоці при відсутності будь-яких гасників енергії. Фіксована величина $\theta = 1$ може відповідати різним абсолютним значенням η_0 і η , що чітко простежується на рис. 3. Але в усіх цих випадках здійснюється насунутий досконалий стрибок в стиснутому перерізі без будь яких гасників енергії.

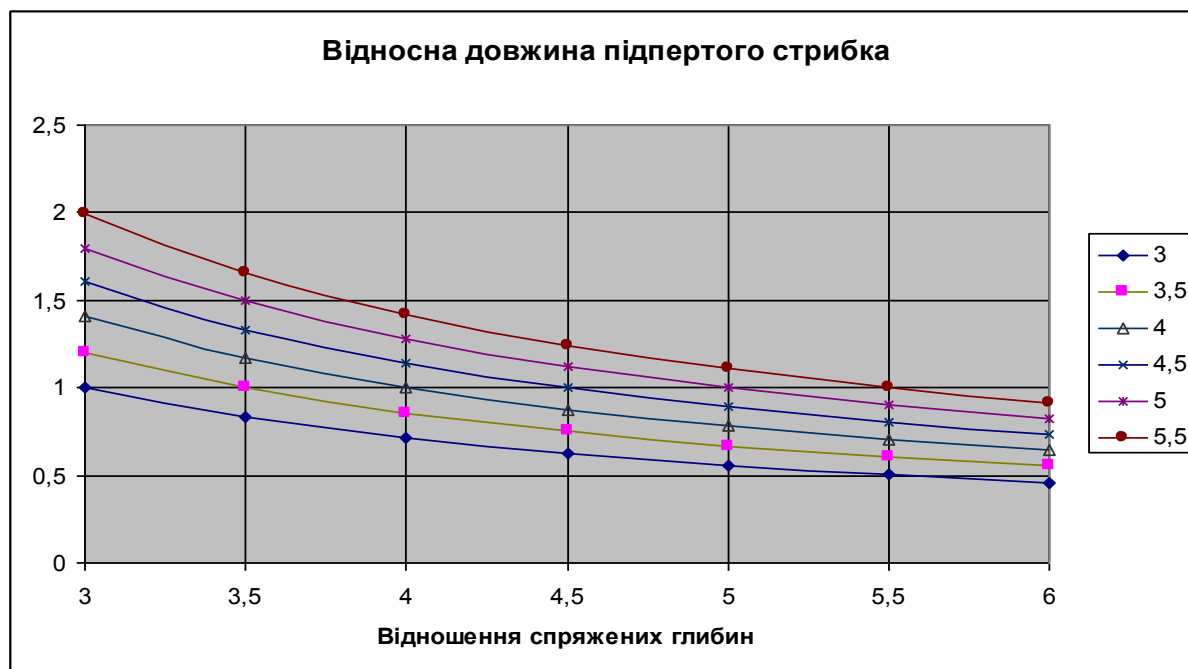


Рисунок 3 – Відношення довжин підпертого і досконалого гідравлічних стрибків

Глибина водобійного уступу і водобійного колодязя визначається однаково і дорівнює

$$d = \sigma h_2 - h_0 = \sigma h_1 (\zeta - \eta_0^2) \quad (9)$$

де $\sigma = 1,05 \dots 1,10$ – коефіцієнт запасу. Остання формула показує, що при умові $\eta_0 = \eta$ глибина водобійного уступу (колодязя) дорівнює нулю $d = 0$, тобто гасник енергії відсутній, а гідравлічний стрибок насунутий до стиснутого перерізу. Якщо $\eta_0 > \eta$, то згідно формули (9) глибина водобійного уступу (колодязя) стає від'ємною, що є абсурдним і у фізичному сенсі означає

затоплення гідравлічного стрибка. І, нарешті, коли $\eta_0 < \eta$ глибина водобійного уступа (колодзя) набуває конкретного значення в залежності від співвідношення η_0 і η .

Скорочення довжини досконалого гідравлічного стрибка в гаснику енергії типу водобійного уступу для різних η_0 і η можна обчислити по формулі (8), або знайти по графікам на рис. 3. Наприклад, при η_0 матимемо довжину підпертого гідравлічного стрибка для $\eta = 4,5$: $\ell_{с.п} \approx 0,7\ell_{с.д}$, а для $\eta = 5,5$: $\ell_{с.п} \approx 0,4\ell_{с.д}$.

Габаритні розміри гасника енергії повинні забезпечувати гасіння надлишкової кінетичної енергії. Тому скорочення довжини підпертого гідравлічного стрибка компенсується втратами енергії на удар потоку по уступу.

Література

1. Чертоусов М.Д. Гидравлика. Специальный курс. М-Л., Госэнергоиздат, 1962. – 630 с.
2. Ткачук С.Г. Теоретична формула довжини гідравлічного стрибка та постулат про втрати енергії. // Гідравліка і гідротехніка: Науково-технічний збірник НТУ, 2011. – Вип.65. – С. 3-9.

Рецензенти:

Савенко В.Я., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.
Кузло М.Т., д-р техн. наук, Національний університет водного господарства та природокористування.

Reviewers:

Savenko V., Ya., Dr. Tech. Sci., National Transport University.
Kuzlo M.T., Dr. Tech. Sci., National University of Water and Environmental Engineering.

Стаття надійшла до редакції: **21.01.2017 р.**

ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ

УДК 625.7/.8

Балашова Ю.Б., канд. техн. наук, **Малько М.М.**, канд. техн. наук,
Лук'яненко В.В.

ЗАСТОСУВАННЯ ЗБІРНИХ ПОЛІМЕРНИХ ПОКРИТТІВ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ І БУДІВНИЦТВІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ В УКРАЇНІ

Анотація. У статті розглянуті проблеми проектування і будівництва довговічного і екологічно безпечного покриття автомобільних доріг. У якості матеріалу для досліджень моделі полімерної дорожньої плити був використаний фторопласт-4. Запроектована модель має параметри, що забезпечують її надійне і довговічне функціонування в складних природних умовах, а також зручність в її подальшій експлуатації.

Ключові слова: автомобільні дороги, дорожнє покриття, екологічні проблеми, збірне полімерне покриття, модель, полімерні дорожні плити, фторопласт.

УДК 625.7/.8

Балашова Ю.Б., канд. техн. наук, **Малько М.М.**, канд. техн. наук,
Лукьяненко В.В.

ПРИМЕНЕНИЕ СБОРНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В УКРАИНЕ

Аннотация. В статье рассмотрены проблемы проектирования и строительства долговечного и экологически безопасного покрытия автомобильных дорог. В качестве материала для исследований модели полимерной дорожной плиты был использован фторопласт-4. Запроектированная модель имеет параметры,

обеспечивающие ее надежное и долговечное функционирование в сложных природных условиях, а также удобство в ее дальнейшей эксплуатации.

Ключевые слова: автомобильные дороги, дорожное покрытие, экологические проблемы, сборное полимерное покрытие, модель, полимерные дорожные плиты, фторопласт.

UDC 625.7/.8

Balashova, Yu.B., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), **Malko M.M.**, Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), **Lukianenko V.V.**

THE USE OF PRECAST POLYMER COATINGS IN THE DESIGN AND CONSTRUCTION ROADS IN UKRAINE

Abstract. The article considers the problem of designing and building durable and environmentally safe coating of roads. As a material for polymer studies, models the road plates were used fluoroplastic-4. Designed model has parameters that ensure its reliable and durable operation under severe natural conditions, as well as the convenience in its future operation.

Keywords: roads, paving, environmental concerns, precast polymer coating, model, plastic road plates, PTFE.

Вступ

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку світової дорожньо-будівельної галузі існує досить широкий спектр технологій і ефективних способів вирішення проблем пов'язаних з передчасним руйнуванням і зносом дорожніх покриттів. До числа таких заходів може входити як застосування найсучасніших матеріалів на етапі створення дорожньої конструкції, так і регулярне проведення профілактичних і дорожньо-ремонтних робіт в процесі експлуатації дороги.

Процедури технічного обслуговування дорожнього полотна часто виявляються неефективними і ненадійними через їхню нездатність усувати саме причину проблеми.

Саме тому переважна стратегія довгострокового дорожнього виробництва полягає в створенні гарантій безпеки і захисту на всіх етапах будівництва, включаючи початковий, та в період експлуатації.

В умовах частої і кардинальної зміни погодних умов середовища (частого переходу температури через точку нуля; зміни періодів перезволоження, періодами посушливості та ін.) без дотримання всіх аспектів експлуатації дорожнє покриття вкрай швидко втрачає несучу здатність і руйнується.

Ями, вибоїни, відколи, просадки, проломи, зрушення, тріщини і колійність - всі ці дефекти невідворотно виникають через 2-3 роки після введення нової автомобільної дороги в експлуатацію або капітальної реконструкції старої ділянки асфальтобетонної дороги. Утворення цих дефектів і пошкоджень асфальтобетонного покриття обумовлено цілим комплексом різних факторів, які можуть мати місце не тільки в процесі експлуатації дороги, а й виникати на етапі її проектування і будівництва.

На сьогоднішній день в Україні найчастіше використовують асфальтобетон у якості верхнього шару дорожнього покриття. Але асфальтобетон, як матеріал для дорожнього полотна має ряд істотних недоліків [1], що не дозволяє застосовувати його в якості довгострокового матеріалу в умовах нашого клімату. Що ж стосується полімерів, як матеріалу для покриття доріг, то вони підходять ідеально.

Аналіз останніх публікацій. Перша "пластиковая" дорога Jambulingam Str. була побудована в 2002 році в Індії і вже встигла стати місцевою легендою. Ця дорога без особливих руйнувань витримала незліченну кількість повеней, кілька мусонів, постійний тепловий вплив і безперервний потік автомобілів, вантажівок і авторикш. Патент на технологію будівництва такої дороги у 2006 році отримав Thiagarajar College of Engineering.

У Канаді пластикові відходи переробляють у воскоподібну речовину, якою згодом заливають дорогу разом з асфальтовою сумішшю. Щільність і довговічність такого "воскового" асфальту нічим не поступається звичайному. Вартість виробництва такого дорожнього покриття не відрізняється від вартості виробництва звичайного асфальтового покриття. Патент на технологію належить компанії GreenMantra, що отримала в 2013 році від Уряду Канади інвестиції в розмірі \$750 тис. на розвиток нової технології.

Велика голландська дорожня компанія KWS Infra разом з інженерами з VolkerWessels готуються впровадити в Роттердамі перший у світі проект будівництва автомобільних доріг з переробленого пластику. Концепт пластикових доріг був розроблений KWS в 2015 році. Він передбачає можливість створення спеціальних модулів з переробленого пластику для будівництва автомобільних доріг. Ці модулі здатні витримувати таке ж навантаження, як і асфальтобетон, але мають масу переваг. Зокрема, завдяки малій вазі їх легко транспортувати, збирати і підтримувати в належному стані, а ґрунт при цьому набагато менше схильний до осідання [2].

Пластик практично не деформується під впливом ваги, вібрацій, і, навіть, під впливом температур. Розробники підкреслюють, що пластикова дорога не буде схильна до корозії і вивітрюванню, зможе витримувати температури від -40 до 80 градусів Цельсія і, тому, виявиться втричі довговічнішою ніж асфальтобетонна, яка вимагає заміни або ремонту після 12 років використання. Середній термін служби пластикової дороги складає близько 30 років, тому реалізація проекту зможе привести до істотної економії.

Дороги PlasticRoad будуть зроблені таким чином, що всередині залишаться порожні простори, в яких в будь-який час відповідні служби зможуть прокласти кабель або труби. При цьому їм не доведеться розбивати асфальт і розкопувати все навколо, створюючи багатокілометрові пробки.

У концепції є й інші переваги. PlasticRoad складається з готових модулів, які об'єднуються в дорогу, не вимагаючи поступового її укладання шар за шаром (рис. 1). Це скорочує терміни будівництва з декількох місяців до декількох тижнів. Звичайно, для пластикових ділянок дороги також потрібна надійна основа, але фахівці заявляють, що це може бути просто дуже добре утрамбований пісок.

Важливим є і той факт, що, коли термін служби модулів закінчується, вони можуть бути перероблені знову [3].

Таким чином пластикові дороги - більш надійні і довговічні. Їх застосування, слід зазначити, значно змінить екологічну ситуацію на краще.

Мета досліджень. Пошук нових матеріалів, нових конструктивних рішень для підвищення довговічності дорожніх конструкцій, збільшення міжремонтних строків, зручність в експлуатації, а також підвищення екологічної безпеки.



Рисунок 1 – дорога PlasticRoad [3]

Основна частина

У якості матеріалу для досліджень моделі полімерної дорожньої плити ПДП – був використаний фторопласт-4. Завдяки наявності в своїй структурі великої кількості атомів фтору, фторопласти відрізняються дуже високою хімічною, радіаційною та корозійною стійкістю, а також мають відмінну атмосферостійкість, теплостійкість і морозостійкість. Фторопласти негорючі або самогасяться при займанні. Ці полімерні матеріали мають низький коефіцієнт тертя, дуже низьке водопоглинання і газопроникність, хороші діелектричні характеристики і високу електричну міцність. Фторопласти погано розчиняються або взагалі нерозчинні у багатьох органічних розчинниках.

Фторопластові еластomers також мають високу бензо- і маслостійкість.

Найбільше практичне застосування серед фторполімерів отримав фторопласт-4 через свою виняткову хімічну інертність по відношенню практично до всіх агресивних середовищ і унікальних антифрикційних характеристик.

Фторопласт-4 - кристалічний полімер, з температурою плавлення кристалітів 327°C і температурою скловання аморфних ділянок від -100 до -120°C . Навіть при температурі вище температури розкладання (415°C)

фторопласт-4 не переходить у в'язко-текучий стан, тому переробка його можлива тільки методом спікання відпресованих таблеток.

Фторопласт-4 не розкладається під дією кислот, окислювачів, лугів, розчинників. На нього діють тільки розплавлені лужні метали і їх комплексні з'єднання з аміаком, нафталіном, піридином, а також трьохфтористого хлору і елементного фтору при підвищених температурах. Водопоглинання за 24 години (і більш тривалий час) - нижче помилки зважування (0,00%). Точні характеристики представлені у табл. 1.

Таблиця 1 - Характеристики матеріалу фторопласт-4

Тип фторопласта	Політетрафторетілен (фторопласт-4)
Щільність	2,2 (г/см ³)
Зусилля на розрив	9,5 (МПа)
Відносне подовження	450,0 (%)
Модуль Юнга	500 (МПа)

За наведених характеристиках, виготовлення дорожнього полотна з такого матеріалу більш ніж обґрунтовано.

Параметри запроектованої моделі ПДП

Досліджувана дорожня плита виготовлена з матеріалу фторопласт-4 шириною 3800 мм, довжиною 6000 мм, висотою 150 мм, ширина крайніх поздовжніх стійок 25 мм, внутрішніх поздовжніх стійок 10 мм, товщина знімної контактної поверхні з колесами транспортних засобів 10 мм. Вага однієї плити становить 1356,3 кг. Конфігурація запроектованої моделі представлена нижче (рис. 2).

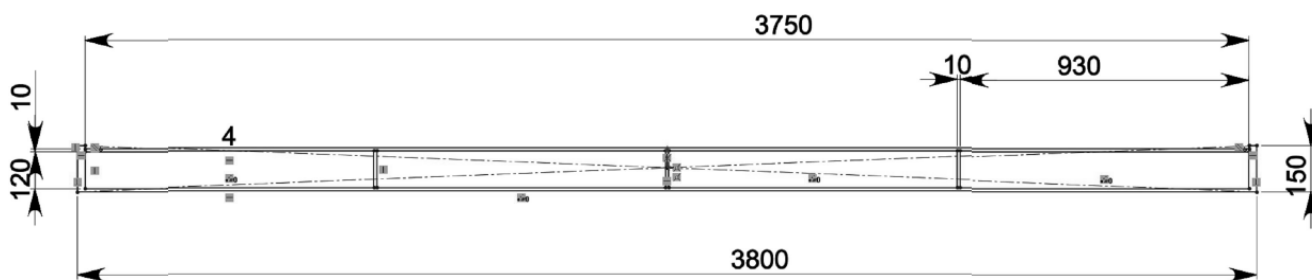


Рисунок 2 – Запроектована модель ПДП (вид спереду)

Вертикальні перегородки уздовж плити сприяють рівномірному розподілу навантаження, включаючи горизонтальні деформації. Таким чином, даючи можливість додаткового зниження ваги конструкції, при збереженні її міцності.

Мала вага плит полегшує їх транспортування до місця будівництва і безпосередню збірку плит в єдине дорожнє полотно.

У разі пошкодження окремих плит, їх можна з легкістю замінити новими, не впливаючи на сусідні плити. Якщо ж була ушкоджена лише контактна поверхня, її можна замінити новою, не впливаючи на саму плиту.

Всередині плити є порожній простір. Така особливість конструкції дозволяє використовувати вільний простір для прокладання інженерних мереж і допоміжних дорожніх механізмів, наприклад, внутрішніх водовідводів, датчиків руху, генераторів електроенергії, обігрівачів поверхні дорожнього покриття і т. ін. Це значно полегшує подальшу експлуатацію вбудованих в плити доповнень і дає можливість для розвитку технологій дорожнього обслуговування.

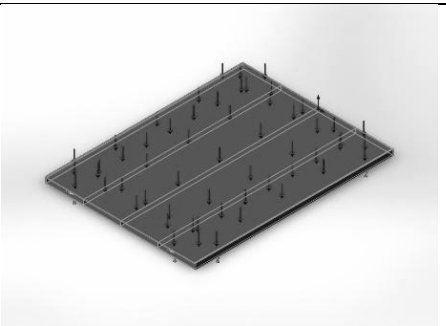
Перевірка запроектованої моделі ПДП на міцність у програмному середовищі SOLID WORKS

Модель з зазначеними вище характеристиками була створена в програмному середовищі SOLID WORKS в вигляді об'ємного тіла. У даній програмі є функція SimulationXpress, призначена для симуляції роботи створеного об'єкта при заданих умовах. У нашому випадку, дослідженню піддавалася модель ПДП з висловленим припущенням, що навантаження, прикладене на кожну точку поверхні, яка буде контактувати з колесами транспортних засобів, буде однакове і дорівнювати 10-ти тоннам.

Властивості застосованого матеріалу представлені у табл. 2.

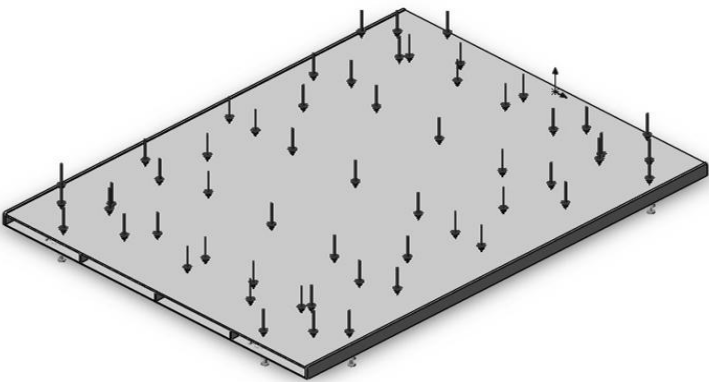
При здійсненні перевірки нижня грань змодельованого тіла, що теоретично лежить на ґрунтовій подушці, вважалася жорстко зафіксованою в просторі. Навантаження було прикладене на верхню межу моделі, яку визнано контактною поверхнею з колесами транспортних засобів.

Таблиця 2 - Властивості застосованого матеріалу фторопласт-4

Вигляд моделі 	Властивості матеріалу	
	Ім'я	Фторопласт
	Тип моделі	Лінійний пружний ізотропний
	Межа текучості	1,04e+007 N/m ²
	Межа міцності при розтягуванні	2,452e+007 N/m ²

Інформація про модель представлена у табл. 3.

Таблиця 3 - Основні характеристики запроектованої моделі

	
Об'ємні властивості	Маса: 1356,3 kg Об'єм: 0,6165 m ³ Щільність: 2200 kg/m ³ Маса: 13291,7 N
Запропонована модель розглядається програмою як тверде тіло	

Критерій максимального напруження по Мизесу ґрунтується на теорії Мізес-Хенкі (Mises-Hencky), також відомої як теорія енергії формозміни. В обчисленні головних напружень s_1 , s_2 і s_3 , напругу по Мизесу виражено як:

$$S_{\text{vonMises}} = \{[(s_1 - s_2)^2 + (s_2 - s_3)^2 + (s_1 - s_3)^2]/2\}^{(1/2)}$$

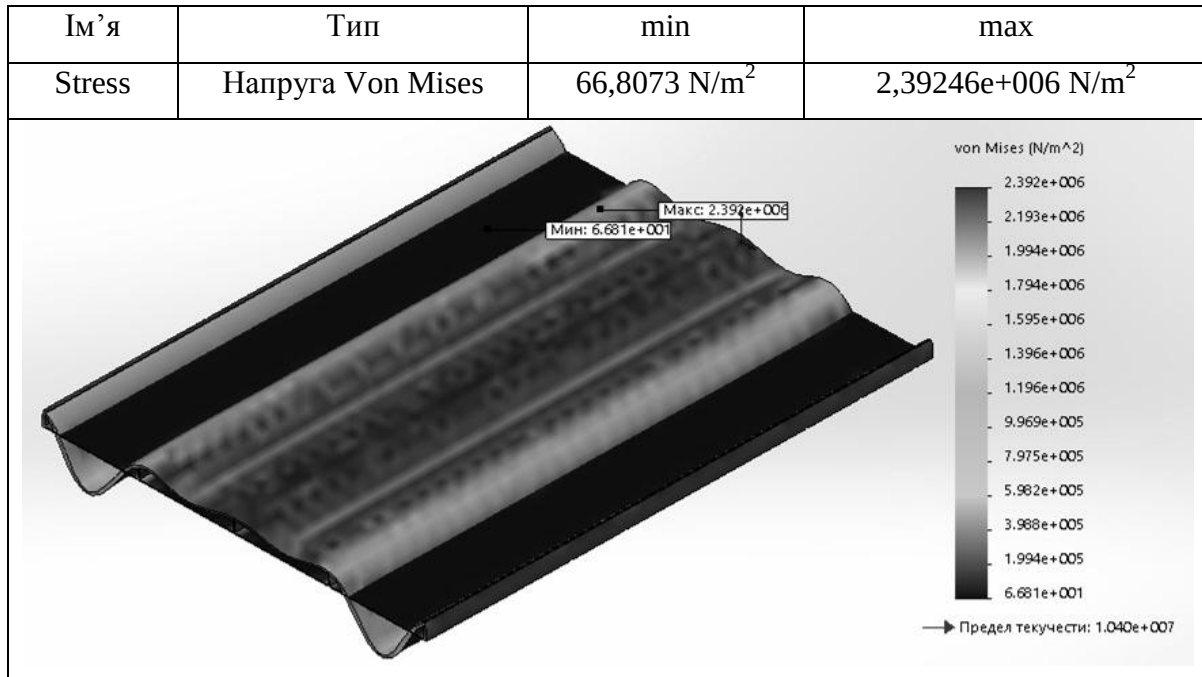
Теорія стверджує, що пластичний матеріал починає пошкоджуватися в місцях, де напруга по Мизесу стає рівною граничній напрузі.

Межа текучості - властивість, що залежить від температури. Справжня задана величина межі текучості повинна враховувати температуру компонента.

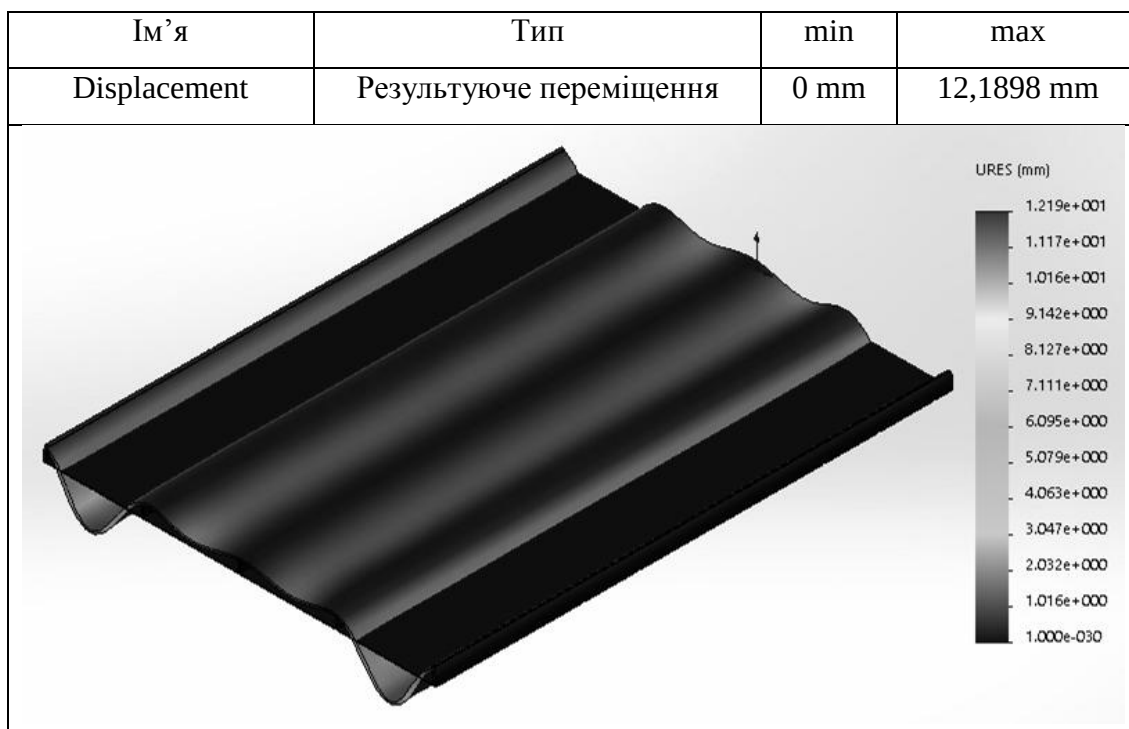
Результати досліджень представлені у вигляді таблиць 4-6.

Проаналізувавши, отриману шляхом симуляції роботи спроектованої моделі в програмі SOLID WORKS, інформацію можна зробити висновок, що при заданих параметрах ПДП, кріплень і прийнятого навантаження, модель є працездатною і має значний запас міцності.

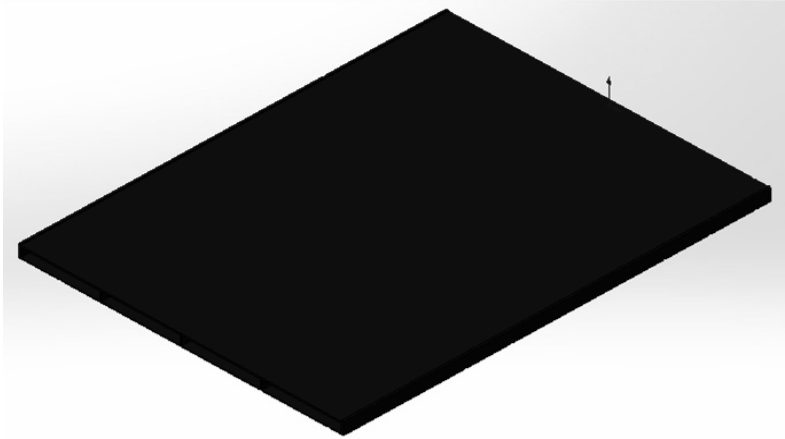
Таблиця 4 - Напруження Von Mises



Таблиця 5 - Результує переміщення в моделі



Таблиця 6 - Запас міцності моделі

Ім'я	Тип	min	max
Factor of Safety	Максимальна напруга Von Mises	4,347	155672
			

Висновки

1. В ході виконаних досліджень була запроектована модель збірного полімерного покриття для доріг, яка має параметри, що забезпечують її надійне і довговічне функціонування в складних природних умовах, а також, зручність в її подальшій експлуатації.

2. На відміну від представлених на ринку розробок, дана модель має знімний контактний шар, який забезпечує комфорт при русі і, у випадку пошкоджень, може бути замінений новим без особливих витрат часу і праці. Так само, в запроектованій моделі передбачається встановлення внутрішнього водовідведення через гнучкий трубопровід, щоб максимально захистити шар ґрунту від перезволоження і втрати міцності.

3. Слід зазначити, що полімерні покриття не вимагають додаткових робіт по влаштуванню шарів зі шлаку, гравію, і інших способів знизити навантаження на поверхню ґрунту. Досить сформувати земляне полотно з ґрунтовою подушкою, а конструктивні особливості плити захистять ґрунт від точкових навантажень, здатних видавлювати ґрунт і деформувати підстильний шар. Це означає, що вартість однієї плити можна прирівняти до вартості всіх основних робіт по влаштуванню дорожнього покриття заданої площі. Зауважимо, що товщина запроектованої плити становитиме всього 150 мм,

замість одного або двох метрів, що витрачається на стандартне, багат шарове укладання доріг.

4. Застосування даного покриття буде високоефективним і економічно обґрунтованим рішенням проблем, пов'язаних з експлуатацією дорожніх покриттів в складних природних умовах, з антропогенним забрудненням навколишнього середовища.

5. Необхідно виконати ще великий обсяг робіт щодо вдосконалення ідеї використання полімерного покриття, для того, щоб втілити це на практиці. Однак, перспектива будівництва довговічних доріг з мінімумом шкоди для навколишнього середовища, використовуючи полімерні матеріали, що підлягають переробці, варто витрачених зусиль.

Література

1. Джахилов М.Ф. Учет истирающего воздействия колес автомобилей при прогнозировании износа асфальтобетонных покрытий / Дис. канд. техн. наук: Москва, 2004 г.
2. Автотрассу из пластика построят в Нидерландах в 2017 году. [Електронний ресурс] – Доступно з:
<https://en.volkerwessels.com/en/projects/detail/plasticroad>
3. PlasticRoad // VolkerWessels. [Електронний ресурс] – Доступно з:
[URL:https://en.volkerwessels.com/en/projects/detail/plasticroad](https://en.volkerwessels.com/en/projects/detail/plasticroad)

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: **25.12.2016 р.**

УДК 666.972.162

Возний С.П.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ГІДРОФОБНИХ ДОБАВОК НА МІЦНІСТЬ ДОРОЖНЬОГО ЦЕМЕНТОБЕТОНУ

Анотація. В статті розглядаються властивості цементобетонного покриття з ефективними гідрофобними добавками. Встановлено, що добавка АДЕ-3 підвищує морозостійкість на 20 %; водонепроникність – в 3 рази, міцність на удар – на 30 %, стиранність – на 58 %. Також підвищується тріщиностійкість (R_m^0 на 20-30 %; R_m^v 12-40 %). Підвищення верхньої межі тріщино утворення дозволяє прогнозувати високу витривалість і довговічність цементного бетону дорожнього покриття під дією багаторазово прикладених навантажень різної величини.

Ключові слова: цементобетонне покриття, модифікатори, властивості.

УДК 666.972.162

Возный С.П.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ГИДРОФОБНЫХ ДОБАВОК НА ПРОЧНОСТЬ ДОРОЖНОГО ЦЕМЕНТОБЕТОНА

Аннотация. В статье рассматриваются свойства цементобетонного покрытия с эффективными гидрофобными добавками. Установлено, что добавка АДЭ-3 повышает морозостойкость на 20 % водонепроницаемость – в 3 раза, прочность на удар – на 30 %, истираемость – на 58 %. Также повышается трещиностойкость (R_m^0 на 20-30 %; R_m^v 12-40 %). Повышение верхнего предела трещинообразования позволяет прогнозировать высокую выносливость и долговечность цементного бетона дорожного покрытия под действием многократно прикладываемых нагрузок различной величины.

Ключевые слова: цементобетонное покрытие, модификаторы, свойства.

UDC 666.972.162

Voznyi S. P.

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF HYDROPHOBIC ADDITIVES ON THE STRENGTH OF CEMENT CONCRETE ROAD

Abstract. The article deals with the properties of concrete pavement with effective hydrophobic additives. Found that the addition АДЕ-3 increases frost resistance by 20 %, water resistance – in with the times, the strength of the blow – by 30 %, abrasion – by 58 %. Also rising crack (R_m^0 at 20-30 %; R_m^v 12-40 %). Raising the upper limit of crack formation can predict high endurance and durability of cement concrete pavement under multiple prykkladuvanyh loads of different magnitude.

Keywords: concrete pavement, modifiers, properties.

На морозостійкість, корозійну стійкість і довговічність цементного бетону дорожнього покриття великий вплив здійснює характер загальної пористості бетону, величина окремих пор, їх форма і взаємний зв'язок. Зміні повітряної пористості сприяють ряд хімічних добавок, здатних впливати на процеси структуроутворення цементного каменю, відділяти пори одна від одної, змінювати діаметр, величину і форму пор, а на їх стінках утворювати плівки, які не змочуються, і тому не піддаються розчиненню і руйнуванню водою.

Добавки повинні задовольняти певні вимоги:

- хімічні добавки, котрі підвищують водостійкість, морозостійкість і корозійну стійкість, повинні бути достатньо ефективними для того, щоб при достатньо малих дозах вони знижували капілярний підсос, водопоглинання і підвищували водонепроникність бетонів дорожніх покриттів;
- дія добавок повинна бути довговічною;
- добавки в оптимальній кількості і концентрації не повинні негативно впливати на інші властивості цементобетонного покриття доріг;
- добавки повинні бути нетоксичними, доступними і економічно доцільними, а їх використання

в дорожньому будівництві повинно бути простим, технологічним і обґрунтованим.

В залежності від властивостей і впливу добавок, котрі підвищують водо- і морозостійкість, ко-розійну стійкість цементобетонних покриттів, їх можна розділити наступним чином:

- тонкомелені, з гідравлічними властивостями і властивостями колоїдних систем;
- добавки, котрі підвищують гідрофобність бетонів дорожніх покриттів;
- полімерні добавки, котрі полімеризуються в бетоні;
- солі неорганічних кислот, котрі прискорюють процеси гідратації і структуроутворення цементного каменю дорожніх бетонів.

Для підвищення морозостійкості, витривалості, корозійної стійкості цементобетону покриття доріг і аеродромів за кордоном, в країнах СНД і на Україні широко застосовують поверхнево-активні добавки (СНВ, ССБ, СДБ, КБМ та ін.). Перераховані добавки мають деякий повітрявтягуючий ефект і є достатньо ефективними при втягуванні в дорожній бетон додаткової кількості повітря (3-5%).

Однак кожен процент втягнутого в бетон повітря знижує міцність бетону при стиску на 4-6 % і на розтяг при згині – на 2-4 %, що приводить до зниження несучої здатності покриття доріг.

Існує необхідність пошуку і досліджень таких добавок для бетонного покриття доріг, котрі не знижують його фізико-механічні властивості; підвищують стійкість проти агресивного впливу розчинів хлористих солей, а також морозу, висихання і зволоження. Дослідження, котрі виконані в останні роки науководослідними інститутами, показують, що гідрофобні добавки достатньо ефективні, дозволяють суттєво підвищити водостійкість і водонепроникність, морозостійкість і корозійну стійкість бетону при багаторазовому заморожуванні і відтаванні в агресивних розчинах без пониження фізико-механічних властивостей.

До таких добавок в сучасному дорожньому будівництві можна віднести органополісілоксани, поліетілгідроксілоксани, гексагідроксидісілоксани, метилгідрогенполісілоксани, діалкілполісілоксани, поліалкоксілоксани, поліалкілсілоксани, вінілалкоксісілани, метілвінілтріетоксісілани, тетраоксіетілендіаміни, етілсілікати [1 – 4, 7].

В роботах Дорошенко Ю.М. [5] були порівняні добавки ГКЖ-94 та ГКЄ-50-94М, кращі показники були в другій добавці, але найбільш широке застосування в дорожньому будівництві знайшли добавки полігідросілоксанового типу (ГКЖ-94 і його модифікація),

Кількість коливається в дуже широких межах: від 0,01 – 1 % до 1 – 5 %, що вимагає уточнення їх оптимальної кількості. Пояснення механізму дії гідрофобних добавок на процеси гідратації і структуроутворення цементного каменю також відрізняються. До загальних недоліків гідрофобізаторів відносять їх порівняно високу вартість, дефіцитність для будівельної індустрії України.

У дослідженнях використовували два види кремнійорганічних з'єднань, різних за природою дії.

1. Поліетілгідросілоксан ГКЖ-94 (газоутворююча) / ДСТ 10834 -64 /.
2. Алкілсіліконат натрію АДЕ-3 (диетиламинометилтриетоксисилан) (газоутворююча і повітровтягуюча).

Перша добавка широко відома, тоді як друга – АДЕ-3 лише недавно була використана для модифікації в'язучих, а як модифікатор цементобетону дорожніх покриттів досліджена вперше [6].

АДЕ-3 представляє прозору маслянисту рідину від безбарвного до жовтуватого кольору, є побічним продуктом виробництва компонентів деяких полімерних смол на Запорізькому заводі "Кремнійполімер" і в Росії.

З наведених у графіках результатів бачимо, що міцність при стиску (R_{cm}) і осьовому розтягу (R_p) підвищується після 28 діб нормального твердіння на 11 % ... 15 %, а модуль пружності і усадка зменшується на 3 % ... 10 %, що дозволить прогнозувати підвищену тріщиностійкість цементно-бетонного покриття. Поряд з основними показниками визначались співвідношення цих характеристик, які дозволяють зробити висновки щодо якості структури бетону. Такими показниками є: співвідношення $R_{cm} / R_{o.p.}$ (Чим більше значення даного співвідношення, тим нижче однорідність і якість бетону); коефіцієнт призматичної міцності КПМ ($K_{ПМ} = K_{np} / R_{cm.куб}$); показники умовної розтяжності $R_{p.32} / E_{0,5}$ R_{np} і $R_{p.32} / R_{cm.куб}$. Зразки випробовувалися через 28 діб нормального твердіння і визначався вплив гідрофобних добавок на міцність і деформативні властивості цементного бетону (рисунок 1 – 8).

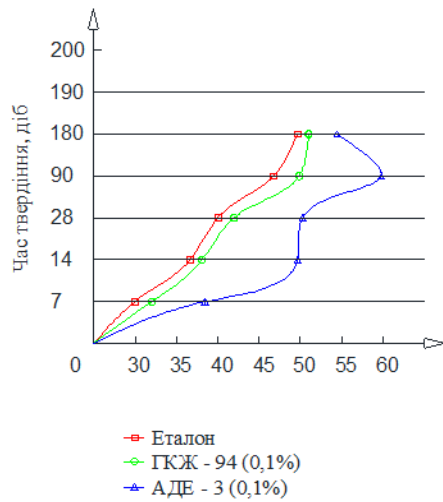


Рисунок 1 – Вплив гідрофобних добавок на міцність на стиск цементного бетону R_{cm} (МПа)

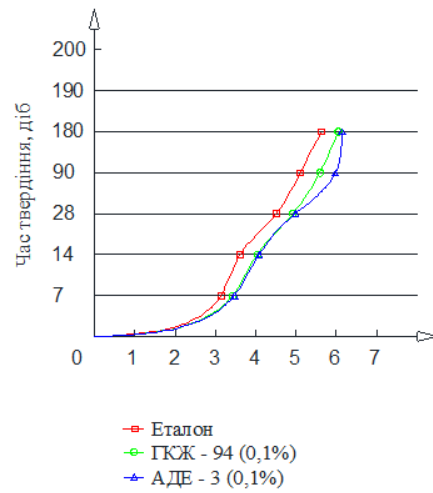


Рисунок 2 – Вплив гідрофобних добавок на міцність на розтяг при згині цементного бетону $R_{зг}$ (МПа)

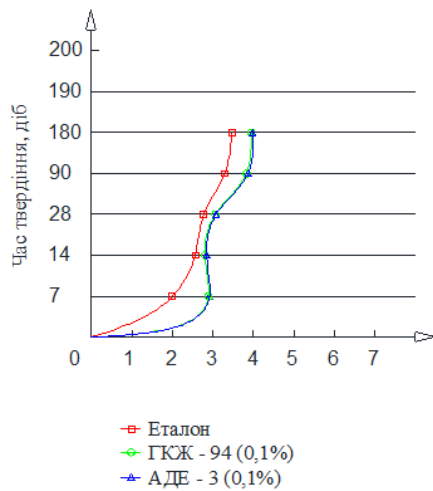


Рисунок 3 – Вплив гідрофобних добавок на міцність на осьовий розтяг при згині цементного бетону $R_{o.p.}$ (МПа)

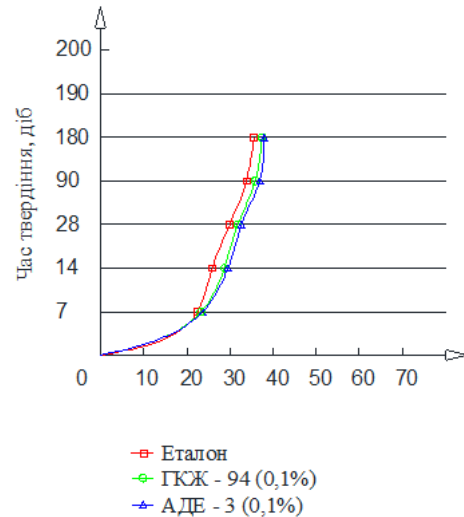


Рисунок 4 – Вплив гідрофобних добавок на міцність на стиск призм цементного бетону R_{np} (МПа)

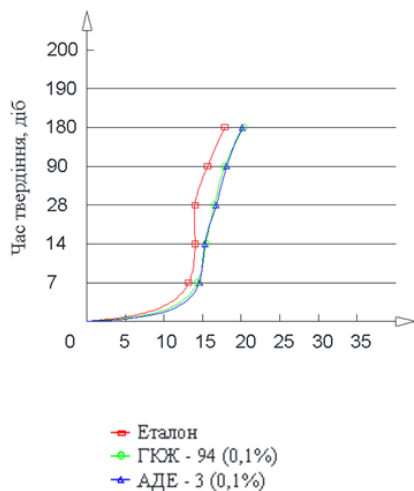


Рисунок 5 – Вплив гідрофобних добавок на міцність на деформації при стиску цементного бетону $\epsilon_{cm} \cdot 10^{-4}$ (МПа)

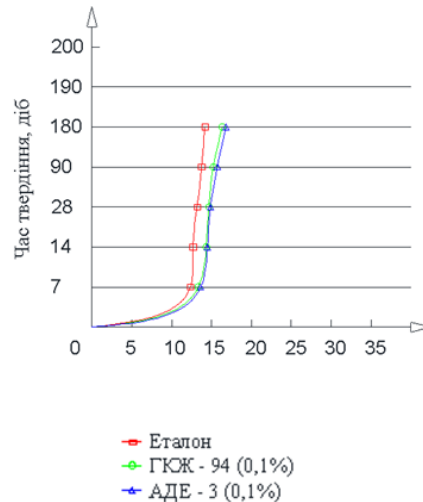


Рисунок 6 – Вплив гідрофобних добавок на міцність на деформації при стиску цементного бетону $\epsilon_{cm} \cdot 10^{-4}$ (МПа)

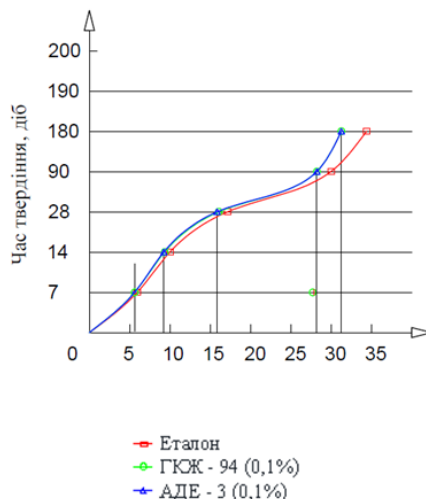
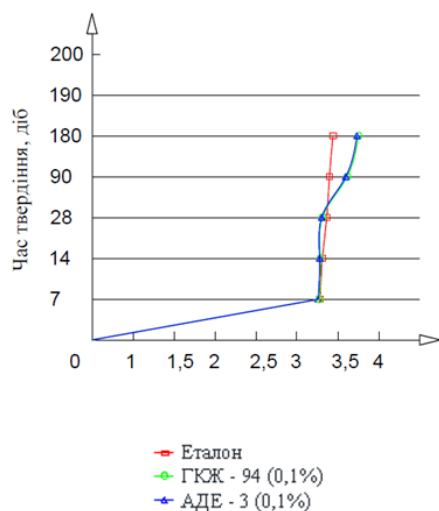


Рисунок 7 – Вплив гідрофобних добавок на міцність на модуль пружності цементного бетону $E \cdot 10^{-4}$ (МПа)

Рисунок 8 – Вплив гідрофобних добавок на міцність деформації усадки цементного бетону $\varepsilon_y \cdot 10^{-4}$ (МПа)

Таблиця 1 – Показники якості цементного бетону з гідрофобними добавками

Назва показників	Еталон	ГКЖ – 94	АДЕ – 3
$R_{ст} / R_{0,р.}$	14,23/100	13,90/98	13,47/95
$R_{пр} / R_{ст.куб}$	0,450/100	0,762/102	0,771/103
$R_{р.зг} / R_{ст.куб}$	0,114/100	0,117/103	0,118/104
$R_{р.зг} / E_{0,5} R_{пр}$	1,326/100	1,458/109	1,491/112

Гідрофобні добавки дозволяють частково перерозподілити концентрацію напружень не тільки в процесі структуроутворення бетону, але і під час його навантаження, що добре підтверджується даними міцності цементного бетону на стиск і осьовий розтяг при згині, що дозволяє прогнозувати підвищене зчеплення розчину з заповнювачем, арматурою і старим бетоном.

У зв'язку з тим, що цементобетонні покриття доріг твердіють у природних умовах, були проведені дослідження механічних властивостей цементного розчину, який твердів в умовах відносної вологості 65 ... 70 % і $t = 20$ °С. Фіксувалася усадка призми, час утворення тріщин кільцевим методом, випробовувалися зразки-вісімки на осьовий розтяг.

З результатів досліджень видно, що без добавок тріщиноутворення почалося через 5 годин, з добавками 0,1 % ГКЖ-94 – через 30 годин, з добавкою 0,1 % АДЕ-3 – через 82 години. Дані по випробуванню деформативності бетону при осьовому розтягу показують, що підвищення однорідності бетону і зниження дефектності кристалоутворення і контактів їх зрощування за рахунок застосування гідрофобних добавок веде до значного підвищення деформативності при осьовому розтязі на 20 % при незначному підвищенні міцності на стиск.

Завдяки зміні характеру структури і розподілу пор вдалося підвищити щільність і однорідність, розтяжність і міцність на осьовий розтяг, зменшити усадку, яка обумовлює підвищення тріщиностійкості та довговічності цементобетону покриття доріг гідрофобними добавками. Межі внутрішнього мікротріщиноутворення в бетоні без добавок і з гідрофобними добавками в процесі навантаження зразків визначалися за методикою О.Я. Берга (показники меж мікроруйнування і меж мікротріщиноутворення).

Одним із шляхів визначення цих показників є метод ультразвукових вимірювань. Розвиток мікроруйнувань в структурі бетону приводить до зниження швидкості ультразвукових коливань, які розширюються поперек лінії дії стискаючого напруження. Таким чином, навантаження R_t^0 відповідає початку зменшення швидкості ультразвуку, і візуально фіксуються появою мікротріщин на поверхні зразка.

Дані дослідження морозостійкості, водонепроникності, стирання і міцності при ударі наведені в табл.2.

Таблиця 2 – Вплив гідрофобних добавок на морозостійкість, водонепроникливість, стирання і міцність при ударі цементного бетону

Наявність гідрофобної добавки	Морозостійкість (200 циклів)			Водонепроникність, МПа після діб		Міцність при ударі Дж/см ³	Стирання після обертів
	R_{cm} , МПа	Середовище відтавання					840/1120
		H ₂ O	5% NaCl				
		R_{cm}/K_M МПа	R_{cm}/K_M МПа	28	90		
Без добавок	59,5	56.5/0.95	50.0/0.84	0,4	0,8	2,5	0,26/0,32
ГКЖ -94	61,2	64.3/1.00	60.0/0.93	1,0	1,4	2,95	0,16/0,19
АДЕ - 3	66,8	66.4/1.00	59.1/0.97	1,2	1,4	3,15	0,11/0,17

Морозостійкість досліджувалась при заморожуванні при $t = -20 \pm 5$ °C і відтаванні у 5 % розчині NaCl. Водонепроникність визначалася за стандартною методикою до появи "микрої плями" на зразках. Стирання визначалося в сантиметрах після 840 і 1120 оборотів на колі ЛКІ-3, міцність на удар – на копрі Пейджа. За даними, наведеними в табл.2, видно, що гідрофобні добавки підвищують морозостійкість (на 7 ... 10 %, водонепроникність (в 2,5 ... 3,0 разів), міцність при ударі (на 26 ... 30 %) і зменшують стирання (на 50 ... 58 %, що обумовлюється впливом добавок на процеси структуроутворення бетону.

Таким чином, встановлено, що добавка гідрофобізаторів сприяє отриманню цементобетонного покриття доріг з підвищеними фізико-

механічними властивостями і значною довговічністю. Наведені дані дозволяють прогнозувати підвищену тріщиностійкість цементобетонного покриття.

Тріщиностійкість визначалася за допомогою відомого методу на приладі "кільце Лерміта". Суть методу в тому, що цементний камінь (розчин, бетон) в середині кільця в процесі твердіння обжимає сталевий стержень, який не деформується, а тому у зразку виникають тріщини.

Формують зразок – кільце з внутрішнім діаметром 90 мм і зовнішнім – 127 мм при висоті – 40 мм. Бетонна суміш в кільці твердне в умовах 100 % – ої вологості середовища на протязі 20 ± 2 години. Далі з бетонного кільця прибирають зовнішню частину форми і його спільно з серцевиною поміщають в повітряне середовище з відносною вологістю $50 \pm 5\%$. Випаровування вологи з кільця супроводжується усадковими деформаціями, що викликають утворення тріщин на поверхні кільця. Чим більше час проходить з моменту розміщення кільця в сухому середовищі до утворення тріщин, тим більш висока тріщиностійкість бетону. Цей метод дозволяє оцінити вплив добавок на такі властивості: усадка, повзучість, розтяжність, модуль пружності і міцність цементного каменю. Паралельно з цим методом тріщиностійкість оцінювалася на зразках-призмах 4x4x16 см виготовлених з цементного розчину з металевим стержнем.

Одночасно з появою першої тріщини визначався модуль пружності, міцність на розтяг. Досліджувався вплив гідрофобних добавок на цементний камінь нормальної густини (розчин 1:3 з В/Ц = 0,4). Час, коли з'явилися перші тріщини, визначалося візуально. Встановлено – що на зразках цементного каменю без добавок вже через 2,5 години з'явилася перша прямолінійна тріщина з розкриттям 0,5-0,8 мм. У зразках з гідрофобними добавками тріщини з'явилися після 13 – 16 годин, при цьому вони розгалужуються, перетворюючись на систему дрібних тріщин з розкриттям 0,1 -0,3 мм. У цементному розчині появу тріщини зафіксовано після 28 годин у зразках без добавок і через 100-150 годин в зразках з гідрофобними добавками. Зменшення тріщиноутворення досягається за рахунок зниження деформації усадки; зменшення концентрації внутрішніх напружень, гальмує зростання тріщин, їх кількість та ступінь розкриття.

У роботах А.В.Саталкіна [8], В.В.Стольнікова [9] та ін.. встановлена можливість впливати на розтяжність в'язучих речовин і бетонів при використанні добавок полімерів (С-89, латекси), кремнійорганічних з'єднань і ін.. в кількості 0,1 ... 2,0 % від ваги в'язучого при збільшенні розтяжності цементу в 1,3 ... 1,7 рази.

Перетин ординати Q/R кривої швидкості ультразвуку є навантаженням R_t^v .

Областю умовної пружної роботи бетону є час від початку навантаження до напруг, при яких утворюються перші мікротріщини по поверхні зчеплення цементного каменю з заповнювачем. При цьому межа пружної роботи відповідає найбільшому скороченню часу проходження ультразвуку. При подальшому підвищенні навантаження мікротріщини утворюються в цементному камені з появою пластичних деформацій.

Розрахунки показали, що застосування гідрофобних добавок підвищує тріщиностійкість цементобетонного покриття доріг і аеродромів. Результати розрахунків наведені в табл.3.

Таблиця 3 – Тріщиностійкість цементобетону з гідрофобними добавками

Автори критерія тріщиностійкості i	Формула розрахунку	Наявність гідрофобних добавок			Підвищення тріщиностійкості, разів
		Без	ГКЖ - 94	АДЕ - 3	
Берг О.Я.	R_t^o	9,0	16,68	13,64	1,13-1,40
	R_t^v	16,80	20,32	21,67	1,21-1,30
Саталкін А.В.	$K_I = \frac{R\varepsilon}{E\varepsilon}$	0,98	0,35	1,41	1,26-1,44
Орентліхер Л.П. Новікова І.П.	$K_I = \frac{\varepsilon}{\varepsilon}$	0,75	0,9	0,98	1,8-1,24
Лерміт Г.М.	Час утворення нових тріщин	2(ц.к.)	10	11	5,0-5,5
		38(ц.р.)	82	110	3,0-4,0

Верхня межа області розвитку пластичних деформацій відповідає підвищенню коефіцієнта поперечної деформації, тобто максимального значення теоретично можливого для суцільного тіла. Крива наростання швидкості проходження ультразвукового імпульсу проходить через екстремум і наближається до початкового значення, характерному для ненавантаженого бетону і прийнятому за умовний нуль.

Підвищення верхньої межі тріщиноутворення (R_{vt}) дозволяє прогнозувати більш високу витривалість і довговічність цементного бетону дорожнього покриття під дією багаторазового прикладання навантажень. Розрахункова

тріщиностійкість цементобетону покриття доріг визначалася за критеріями, запропонованими різними авторами. Основною причиною тріщиноутворення є виникнення в бетоні деформації розтягування, яка перевищує межу розтяжності бетону, і залежить від міцності і модуля пружності бетону при розтягуванні.

Таким чином, проведеними дослідженнями встановлена висока ефективність застосування гідрофобізаторів в технології дорожнього будівництва, зростання фізико механічних властивостей, довговічності і тріщиностійкості цементобетонного покриття доріг.

Література

1. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. – Москва: Стройиздат. – 1990.-400 с.
2. Хигерович М.И., Байер В.В. Гидрофобно-пластифицирующие добавки для цементов, растворов и бетонов. – Москва: Стройиздат. – 1979. – 126 с.
3. Карибаев К.К. Поверхностно-активные вещества в производстве вяжущих материалов. – Алма-Ата: Наука. – 1980. – 336 с.
4. Пашенко А.А., Свицерский В.А. Кремнийорганические покрытия для защиты от био-коррозии. – Киев: Техника. – 1988. – 136 с.
5. Дорошенко О.Ю. Покращення властивостей цементобетонного покриття доріг гідрофобними добавками- Вісник - К.: НТУ. - 2009.
6. Дорошенко О.Ю., Гасан Ю.Г., Старинська Н.Н. Патент на винахід України № 10207 А. – Гіпсове в'язуче. -Бюл. № 6 від 25.12.97.
7. Зацепин А.Н., Янбух Н.Н. Рекомендации по применению кремнийорганических добавок при строительстве цементобетонных покрытий дорог и аэродромов. – Союздорнии. Балашиха – 6. – Московская обл. – 1970. – 20 с.
8. Саталкин А.В. Цементно-полимерные бетоны / А.В.Саталкин, В.А. Солнцева, О.С. Попова .- Л.: Стройиздат, 1971. - 168 с.
9. Стольников В.В. Воздухововлекающие добавки в гидротехническом бетоне.- Москва: Стройиздат, 1953. - 163 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: **24.11.2016 р.**

УДК 625.852

Кіщинський С.В., Копинець І.В., Соколов О.В.

**ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ДОБАВОК ДЛЯ
ЗНИЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТЕМПЕРАТУР ПРИГОТУВАННЯ
АСФАЛЬТОБЕТОННИХ СУМІШЕЙ**

Анотація. У статті розглянуто питання зниження технологічних температур приготування асфальтобетонних сумішей з використанням енергозберігаючих добавок. Доведена можливість зниження на 40 °С технологічних температур приготування та укладання асфальтобетонних сумішей без погіршення властивостей асфальтобетону.

Ключові слова: асфальтобетон, асфальтобетонна суміш, зниження технологічних температур, енергозберігаюча добавка, старіння.

УДК 625.852

Кіщинський С.В., Копинець И.В., Соколов А.В.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ДОБАВОК ДЛЯ
СНИЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТЕМПЕРАТУР ПРИГОТОВЛЕНИЯ
АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ**

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос снижения технологических температур приготовления асфальтобетонных смесей с использованием энергосберегающих добавок. Доказана возможность снижения на 40 °С технологических температур приготовления и укладки асфальтобетонных смесей без ухудшения свойств асфальтобетона.

Ключевые слова: асфальтобетон, асфальтобетонная смесь, снижение технологических температур, энергосберегающая добавка, старения.

UDC 625.852

Kishchynskyi S.V., Kopynets I.V., Sokolov O.V.

THE USE OF ENERGY SAVING ADDITIVES TO REDUCE PROCESS TEMPERATURES FOR PREPARATION OF ASPHALT CONCRETE MIXTURES

Abstract. The issue of process temperatures reduction for the preparation of asphalt mixtures using energy-saving additives is considered in this paper. The possibility of process temperatures reduction to 40 ° C for the preparation and laying the asphalt mixtures without impairing the properties of asphalt concrete is proved.

Keywords: asphalt concrete, asphalt mixture, reduction of process temperatures, energy-saving additive, aging.

Постановка проблеми

На сьогоднішній день в Україні для влаштування покриття автомобільних доріг використовують практично тільки гарячі асфальтобетонні суміші.

Гарячі асфальтобетонні суміші виробляють з використанням в'язких бітумів за температури (140 - 165) °С. У цьому діапазоні температур в'язкість бітуму знижена до такого рівня, при якому він легко обволікає гарячі мінеральні матеріали, суміш достатньо рухлива, що забезпечує її рівномірне перемішування і наступне переміщення в накопичувальний бункер. Верхня межа температури нагрівання в'язучого та мінерального матеріалу обмежена у зв'язку з інтенсивним окислювальним старінням в'язучого при технологічних температурах перемішування суміші. Гарячу суміш укладають і починають ущільнювати за температури (135 - 155) °С, коли вона ще рухлива і завершують укочування при температурі не нижче 80 °С. Формування структури гарячого асфальтобетону після його ущільнення вважається в основному завершеним.

Нагрівання бітуму супроводжується випаровуванням найбільш легких фракцій, а також окисленням і полімеризацією. Усе це призводить до зміни групового хімічного складу та властивостей бітуму. Груповий хімічний склад змінюється в результаті перетворення одних груп речовин в інші: масла переходять в смоли, смоли в асфальтени. Процес перетворення масел в смоли

відбувається значно повільніше ніж перетворення смол на асфальтени. Таким чином, з часом в бітумі відбувається збільшення кількості асфальтенів. Кількість же смол, що надають бітуму пластичність та розтяжність з часом зменшується. З накопиченням асфальтенів поступово втрачаються пластичні властивості бітуму, збільшується його в'язкість та крихкість. Цей процес називається «старіння» бітуму.

У зв'язку із старінням бітуму відбувається також і старіння асфальтобетону, що значно погіршує властивості дорожнього покриття. Крихкість бітуму, що підвищується з часом, робить асфальтобетон також крихкішим. Зокрема, він значною мірою втрачає здатність до сприйняття розтягуючих напружень. При цьому в асфальтобетонному покритті при різких пониженнях температури в зимовий час спостерігається утворення тріщин. Підвищена крихкість асфальтобетону посилює процес його викришування, що знижує термін служби покриття.

Для виробництва якісних асфальтобетонних сумішей, які б мали тривалий термін служби, використовують різноманітні технологічні рішення та спеціальні добавки, що дозволяють знизити їх температуру приготування та укладання, тим самим зменшити старіння бітуму і, як наслідок, асфальтобетону.

При введенні енергозберігаючих добавок, можливість зниження температури приготування та укладання асфальтобетонних сумішей досягається за рахунок зниження поверхневого натягу бітуму або за рахунок зниження в'язкості бітуму при його нагріванні вище температури плавлення восків, що входять до складу добавки.

Матеріали та методи досліджень

Для приготування асфальтобетонів використовувались:

- щебінь гранітний фракції (5 – 10) мм, що відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-75;
- пісок із відсівів подрібнення вивержених гірських порід фракції (0 – 5) мм, що відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-210;
- вапняковий мінеральний порошок, що відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-121;
- бітум нафтовий дорожній в'язкий марки БНД 60/90 згідно з ДСТУ 4044;

- енергозберігаюча добавка на основі різних хімічних речовин (ЕД 1).

Характеристики вихідного та модифікованого бітумів, що були використані для приготування асфальтобетонних сумішей наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Фізико-технічні характеристики бітумів

Бітумне в'язуче	Фізико-технічні характеристики					
	Пенетрація 0,1 мм	Температура, °C		Розтяжність, см, за температури		Залишкова пенетрація , %
		розм'як- шеності	крих- кості	25 °C	0 °C	
Бітум марки БНД 60/90	68	51,2	- 22	64	3,5	65
Бітум марки БНД 60/90, модифікований 0,5 % ЕД 1	51,4	66	- 23	60	3,9	76

Температурні режими приготування і ущільнення асфальтобетонних сумішей призначають з умов забезпечення потрібної в'язкості в'язучого при виконанні відповідних технологічних операцій. При модифікації бітуму енергозберігаючими добавками на основі хімічних речовин в'язкість бітуму практично не змінюється, а енергозберігаючими добавками на основі синтетичних восків - в'язкість в'язучого різко знижується при нагріванні вище температури плавлення восків, що входять до складу добавки. Питання визначення в'язкості в діапазоні технологічних температур є актуальним при розробці нових технологій модифікації бітумів, для яких складно або неможливо передбачити відповідні температурні режими заздалегідь.

Максимальна в'язкість, за якої буде забезпечено якісне перемішування в'язучого з кам'яним матеріалом, становить 0,5 Па·с. Температура досягнення в'язкості 0,5 Па·с в Україні прийнята як мінімальна температура в'язучого, що дозволяє якісно його перемішувати з кам'яними матеріалами при виробництві асфальтобетонних сумішей. За цієї умови, на основі отриманих даних, була встановлена температурна залежність в'язкості для прийнятих до випробування в'язучих: вихідного бітуму марки БНД 60/90 та бітуму, модифікованого 0,5 % енергозберігаючої добавки (рисунок 1).

Згідно отриманих температурно-в'язкісних залежностей вихідного та модифікованого бітуму були визначені температури, при яких в'язкість досягає значення 0,5 Па·с. Так, для вихідного бітуму ця температура становить 142 °C,

а для бітуму, модифікованого 0,5 % ЕД 1 - 143 °С. Таким чином, отримані результати свідчать, що енергозберігаючі добавки на основі хімічних речовин не змінюють технологічну в'язкість бітумів.

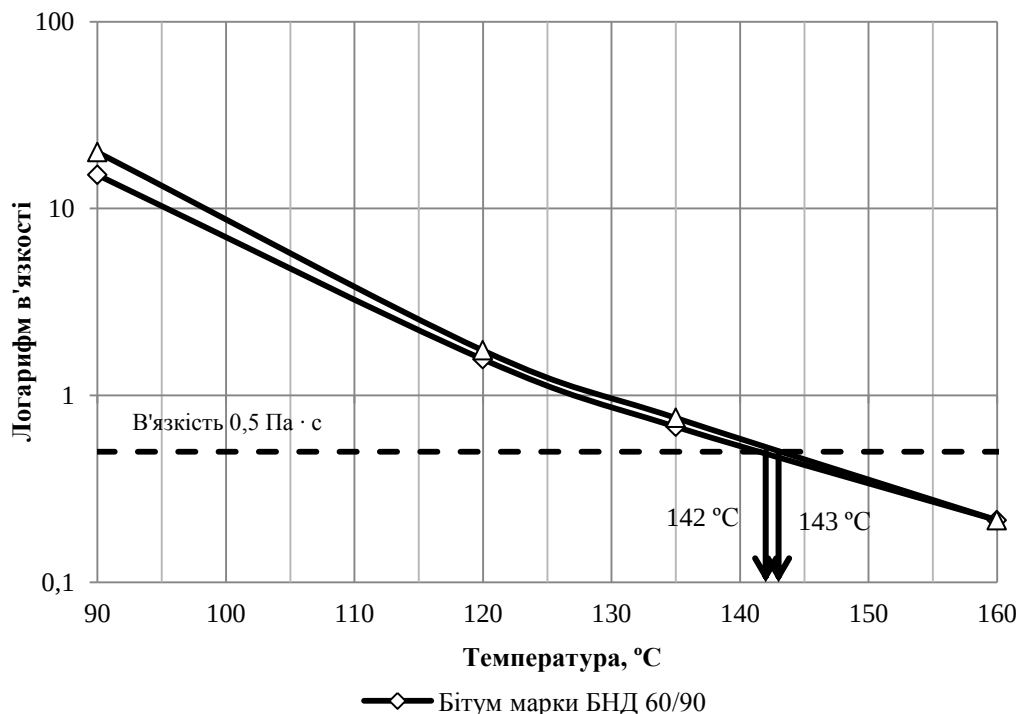


Рисунок 1 – Температурна залежність в'язкості бітумів

Відповідно до результатів випробувань були встановлені мінімальні температури перемішування в'язучого з мінеральним матеріалом. Результати досліджень в подальшому використовувались при приготуванні асфальтобетонних сумішей в лабораторних умовах.

Приготування асфальтобетонних сумішей на вихідному бітумі та бітумі, модифікованому енергозберігаючою добавкою, виконувалось з дотриманням стандартної послідовності технологічних операцій згідно з ДСТУ Б В.2.7-89.

Температури нагрівання матеріалів, при приготуванні асфальтобетонних сумішей за стандартних температур, в лабораторних умовах у відповідності до ДСТУ Б В.2.7-89 та з урахуванням підібраних температурних режимів становили: для щебеню, піску та мінерального порошку – (170 – 175) °С, бітуму – (140 – 145) °С. Суміш ущільнювалась за температури (145 – 150) °С.

При зниженні температури приготування асфальтобетонної суміші на 20 °С температури нагрівання матеріалів становили: для щебеню, піску та

мінерального порошку – (150 – 155) °С, бітуму – (140 – 145) °С. Суміш ущільнювалась за температури (125 – 130) °С.

При зниженні температури приготування асфальтобетонної суміші на 40 °С температури нагрівання матеріалів становили: для щебеню, піску та мінерального порошку – (130 – 135) °С, бітуму – (140 – 145) °С. Суміш ущільнювалась за температури (115 – 120) °С.

Результати досліджень

Результати випробувань вихідного асфальтобетону та асфальтобетону з енергозберігаючою добавкою, наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Найменування показників	Технологічні температури		Результати випробувань асфальтобетонів на бітумі	
	перемішування	ущільнення	БНД 60/90	БНД 60/90 + 0,5 % енергозберігаючої добавки
Середня густина, г/см ³	170-175	145-150	2,365	2,380
	150-155	125-130	2,344	2,373
	130-135	115-120	2,331	2,360
Водонасичення, %	170-175	145-150	2,2	1,6
	150-155	125-130	2,8	2,0
	130-135	115-120	4,1	2,3
Коефіцієнт довготривалої водостійкості	170-175	145-150	0,91	0,98
	150-155	125-130	0,86	0,97
	130-135	115-120	0,78	0,94
Міцність на стиск, МПа, за температури:				
- 0 °С	170-175	145-150	9,51	9,05
	150-155	125-130	8,73	8,55
	130-135	115-120	7,82	8,22
- 20 °С	170-175	145-150	4,11	4,45
	150-155	125-130	3,72	4,35
	130-135	115-120	3,44	4,11
- 50 °С	170-175	145-150	1,42	1,55
	150-155	125-130	1,25	1,49
	130-135	115-120	1,06	1,40

Результати випробувань показують, що при використанні бітуму, модифікованого енергозберігаючою добавкою, температура виробництва та ущільнення асфальтобетонних сумішей може бути знижена на 40 °С.

Середня густина асфальтобетону при введенні енергозберігаючої добавки зростає з 2,365 г/см³ до 2,380 г/см³, одночасно відбувається зниження водонасичення асфальтобетону з 1,9 % до 1,6 % та підвищення його

коефіцієнта довготривалої водостійкості з 0,91 до 0,98. Зростання середньої густини, зниження водонасичення та підвищення коефіцієнта довготривалої водостійкості відбувається за рахунок зниження поверхневого натягу. Міцність асфальтобетону за температури 0 °С із введенням енергозберігаючої добавки знижується, що пов'язано насамперед із меншою зміною властивостей бітуму при впливі технологічних температур. В той же час відбувається зростання міцності за температури 20 °С та 50 °С.

При зниженні технологічних температур приготування на 20 °С, асфальтобетону з енергозберігаючою добавкою, відбувається незначне зниження середньої густини з 2,380 г/см³ до 2,373 г/см³, з одночасним зростанням водонасичення до 2,0 % та зменшенням довготривалої водостійкості до 0,97. Дещо знижується міцність асфальтобетону за температури 0 °С, 20 °С та 50 °С, що, ймовірно, насамперед пов'язано із зменшенням термоокислювального старіння бітуму при зниженні температури приготування асфальтобетону. При цьому асфальтобетон з енергозберігаючою добавкою, отриманий за знижених на 20 °С температур, за комплексом властивостей не поступається вихідному асфальтобетону, отриманому за стандартизованих температур. В той же час властивості асфальтобетону на вихідному бітумі змінюються більш суттєво: середня густина знижується з 2,365 г/см³ до 2,344 г/см³, водонасичення зростає з 2,2 % до 2,8 % (до межі вимог ДСТУ Б В.2.7-119), коефіцієнт водостійкості знижується з 0,91 до 0,98, міцність знижується в усьому діапазоні температур. Слід зазначити, що за показниками коефіцієнта тривалої водостійкості та міцності на стиск за температури 50 °С вказаний асфальтобетон не відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-119.

Зниження температури приготування на 40 °С асфальтобетону на вихідному бітумі призводить до подальшого зменшення його середньої густини, коефіцієнта довготривалої водостійкості та міцності при всіх температурах випробовування. До того ж значно збільшується тривалість перемішування бітуму з мінеральним матеріалом для досягнення повного обволікання ним мінеральних матеріалів.

При зниженні температури приготування на 40 °С асфальтобетону з енергозберігаючою добавкою, хоча і відбувається погіршення властивостей асфальтобетону, але при цьому за всіма показниками він не поступається

асфальтобетону на вихідному бітумі, отриманому за стандартизованих температур.

Висновки

Використання енергозберігаючої добавки, при приготуванні асфальтобетонних сумішей, дозволяє знизити їх температури приготування та ущільнення на 40 °С та 30 °С, відповідно. Асфальтобетон з енергозберігаючою добавкою, приготований за стандартизованих та наведених вище знижених технологічних температур, відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-119.

Асфальтобетонні суміші, що вміщують енергозберігаючу добавку, мають кращу ущільнюваність завдяки зменшеному поверхневому натягу бітуму, тому досягнення потрібної щільності асфальтобетону вимагає менших зусиль. Це дозволяє розширити температурний діапазон можливості ущільнення, що особливо важливо при укладанні суміші за низьких температур навколишнього середовища.

Асфальтобетон з енергозберігаючою добавкою, приготований за стандартних температур, має вищий коефіцієнт довготривалої водостійкості в порівнянні із асфальтобетоном, отриманим на вихідному бітумі. Навіть при зниженні температури їх приготування та ущільнення, водостійкість асфальтобетону з енергозберігаючою є вищою ніж у вихідного асфальтобетону, приготованого за стандартизованих температур.

Міцність асфальтобетону з енергозберігаючою добавкою, за всіх температур випробування, зменшується при зниженні технологічних температур його приготування та ущільнення. При цьому зниження міцності є меншим ніж для асфальтобетону без енергозберігаючої добавки. В усіх випадках асфальтобетон з енергозберігаючою добавкою відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-119.

Завдяки зниженню температур приготування та ущільнення сумішей, зменшується термоокислювальне старіння бітуму, що повинно сприяти підвищенню опору асфальтобетону втомі та появі тріщин при низьких температурах повітря.

Зниження температури приготування та укладання асфальтобетонних сумішей дозволяє зменшити витрати енергоресурсів та поліпшити екологічну ситуацію в країні.

Література

1. Л. Б. Гезенцвей Асфальтовый бетон. Москва, Стройиздат, 1964, 448 с.
2. Королев И. В. Дорожный теплый асфальтобетон. Киев, Вища школа, 1975, 156 с.
3. Радовский В.С. Технология нового теплого асфальтобетона в США, Дорожная техника, 2008 г.
4. Колбановская А.С., Михайлов В.В. Дорожные битумы. - М.: Транспорт, 1973. - 264 с.
5. Chowdhury, Arif and Button, Joe. A Review of Warm Mix Asphalt. Texas Transportation Institute. Springfield, Virginia : National Technical Information Service, December 2008. Technical report.
6. D'Angelo, John, et al. Warm-Mix Asphalt: European Practise. American Trade Initiatives. Washington, DC : U.S. Department of Transportation, February 2008.
7. ДСТУ Б В.2.7-89-99 Матеріали на основі органічних в'язучих для дорожнього будівництва. Методи випробувань.
8. ДСТУ Б В.2.7-119:2011 Суміші асфальтобетонні та асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови.

Рецензенти:

Жданюк В.К., д-р техн. наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.

Мозговий В.В., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Zhdaniuk V.K., Dr. Tech. Sci., Kharkiv National Automobile and Highway University.

Mozhovi V.V., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **15.12.2016 р.**

УДК 625.7/.8

Литвиненко А.С.

**ПРО НАЙВАЖЛИВІШИЙ НЕДОЛІК ЧИННОГО МЕТОДУ
СТАТИЧНОГО ЗОНДУВАННЯ ЯК ПОЛЬОВОГО МЕТОДУ
ВИПРОБУВАННЯ ҐРУНТІВ**

Анотація. У роботі доводиться, що незважаючи на велику технічну досконалість сучасного обладнання для статичного зондування і наявність сертифікатів придатності метод статичного зондування не забезпечує більшості задекларованих ДСТУ Б В.2.1-9-2002 випробувань, хіба що крім визначення глибини залягання покрівлі скельних, грубоуламкових, або щільних піщаних ґрунтів.

Ключові слова: автомобільна дорога, польові методи, статичне зондування, результати вимірювань, недоліки методу.

УДК 625.7/.8

Литвиненко А.С.

**ВАЖНЕЙШИЙ НЕДОСТАТОК ДЕЙСТВУЮЩЕГО МЕТОДА
СТАТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ КАК ПОЛЕВОГО МЕТОДА
ИСПЫТАНИЯ ГРУНТОВ**

Аннотация. В работе показано, что, не смотря на высокое техническое совершенство современного оборудования для статического зондирования и наличия к нему сертификатов соответствия, метод статического зондирования не обеспечивает большинства задекларированных ДСТУ Б В.2.1-9-2002 испытаний, кроме разве что определения глубины залегания кровли скальных, крупнообломочных или плотных песчаных грунтов.

Ключевые слова: автомобильная дорога, полевые методы, статическое зондирование, результаты измерений, недостатки метода.

UDC 625.7/.8

Lytvynenko A. S.

A MAJOR DRAWBACK OF THE CURRENT METHOD OF STATIC SENSING AS A FIELD METHOD OF SOIL TESTING

Abstract. The paper proves that despite significant technical perfection of modern equipment for static sensing and availability of Certificates of Conformance, the method of static sensing does not provide the majority of the tests declared by the State Standard DSTU B V.2.1-9-2002, except for those designed for determining the occurrence depth of top of rock, coarse soils or dense sandy soils.

Keywords: road, field methods, static sensing, measurement results, the shortcomings of the methods.

Вступ

Аналіз загальної ситуації на багатьох ділянках будівництва як транспортної інфраструктури, так і окремих будівельних об'єктів, свідчить, що дані випробувань отримані методом статичного зондування, який як допоміжний використовують для екстраполяції даних отриманих за допомогою бурових свердловин, не зовсім відповідають реальному стану ґрунтів і дуже часто суттєво занижують їх фактичну несну здатність. Оскільки такий аналіз вимагає залучення досить об'ємного графічного матеріалу, то у цій роботі обмежимося прикладами лише для декількох досліджених об'єктів без надання конкретної їх назви. У той же час, треба мати на увазі, що не тільки ми, але й інші зацікавлені фахівці, користуючись викладеним тут підходом, можуть самостійно підтвердити слушність наших висновків.

Представлену у цій роботі графічну інтерпретацію даних статичного зондування і їх аналізу ми не тільки рекомендуємо впровадити у нову редакцію ДСТУ Б В.2.1-9 [1], але й пропонуємо змінити саму концепцію цього стандарту. У його новій редакції статичне і динамічне зондування, залишаючись допоміжними методами геотехнічних вишукувань, повинні стати провідними методами визначення саме просторової мінливості як шарів і лінз ґрунтів, так і їх стану. Це необхідно для більш цілеспрямованого вибору місць відбирання зразків ґрунтів для подальших лабораторних випробувань, а також місць розташування дослідних майданчиків і глибини проведення польових випробувань ґрунтів іншими методами, наприклад пресіометрії.

Основна частина

Для аналізу скористались паспортами статичного зондування отриманими при обстеженні природних основ деяких об'єктів транспортної інфраструктури, які складені як зв'язними, так і різного виду піщаними ґрунтами. Хоча самі паспорти тут і не наводяться, з метою зменшення друкованого об'єму роботи, та фахівцям добре відомо, що для зв'язних ґрунтів у пластичному стані ($I_L = 0 - 1,0$) графіки статичного зондування, зазвичай являють собою слабо-хвилясту малоінформативну вертикальну лінію (рис. 1 а) або [2 с. 157 рис. 86, 87].

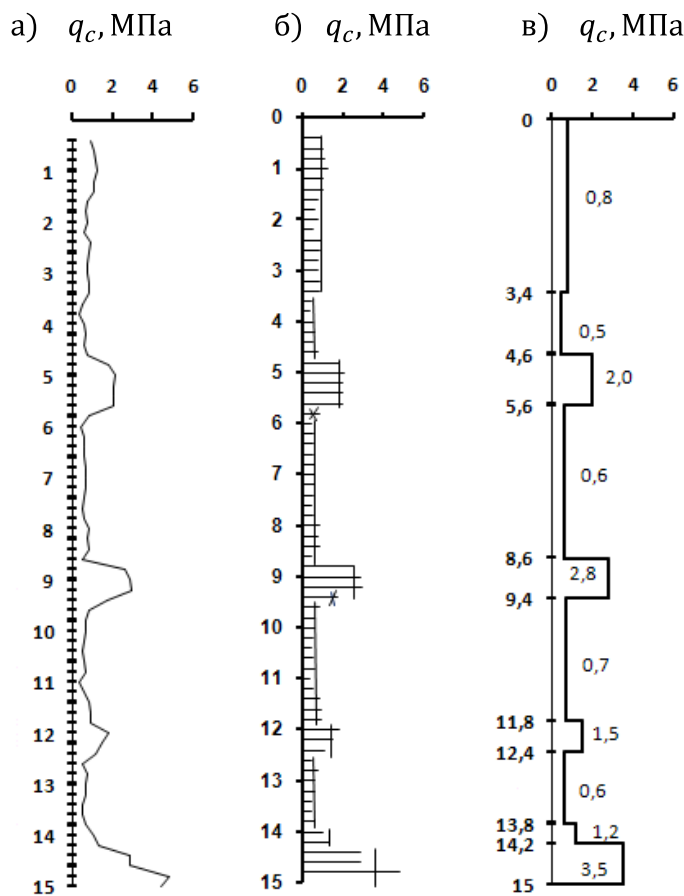


Рисунок 1 – Чинний і ті, що пропонуються варіанти представлення показників статичного зондування на геотехнічному розрізі з переважанням зв'язних ґрунтів: а) у традиційній Європейській інтерпретації в т.ч. і ДСТУ Б В.2.1-9; б) у вигляді стовпчикової діаграми; в) у вигляді усереднених значень показника в інтервалах (тобто в шарах і лінзах реальних ґрунтів), але із статистично відмінними властивостями

Для піщаних же ґрунтів, залежно від їх виду і щільності залягання, така лінія навпаки дуже кострубата згори до низу (рис. 2 а) або [2 с. 157 рис. 88], але теж не відзначається особливою інформативністю. І все це незважаючи на те, що саме графіки, схеми та рисунки будь-ким, зазвичай, сприймаються значно краще ніж таблиці чи формули. Там же у паспортах, зазвичай, наводять числові

значення лобового опору ґрунтів індентору – q_c , МПа, та тертя по бічній поверхні, так званої, муфти тертя – f_s , кПа.

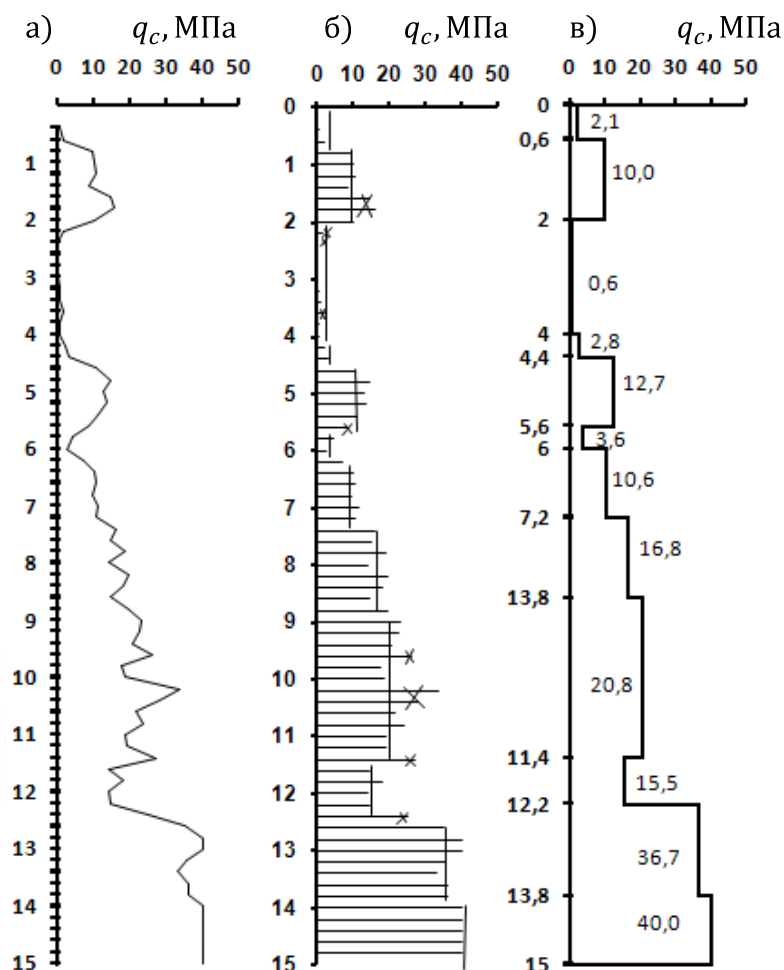


Рисунок 2 – Чинний і ті, що пропонуються варіанти представлення показників статичного зондування на геотехнічному розрізі з переважанням піщаних ґрунтів: а) у традиційній Європейській інтерпретації в т.ч. і ДСТУ Б В.2.1-9; б) у вигляді стовпчикової діаграми; в) у вигляді усереднених значень показника в інтервалах (тобто в шарах і лінзах реальних ґрунтів), але із статистично відмінними властивостями

Одночасно у паспортах, для кожних двадцяти сантиметрів глибини зондувальних свердловин, автоматично роздруковуються значення таких показників механічних властивостей ґрунтів, як кут внутрішнього тертя – ϕ , зчеплення – c , кПа та модуль деформації – E_d , МПа, а також назва ґрунту, та його стан (у значеннях показника текучості I_L). Але ці значення є дуже сумнівними, оскільки не прописана процедура визначення кореляційної залежності саме до результатів випробовування зразків ґрунтів взятих із пройдених перед тим поруч бурових свердловин. А зараз ця кореляція здійснюється згідно невідомих залежностей, визначених фірмами виробниками

зондувального обладнання і схованих у відповідних розрахункових програмах. У той же час, зовсім не йдеться про такі важливі показники, як вологість чи густина ґрунтів, що було б значно природнішим. Таким чином такий підхід у використанні даних статичного зондування не є достатньо обґрунтованим не зважаючи на широку практику його застосування, як в країнах Європейського союзу, так і в Україні, де він є адаптованим та гармонізованим з міжнародними і європейськими стандартами серії ISO та CEN: ДСТУ ISO 22476-2:2008 та ДСТУ ISO 22476-3:2008 і є чинним згідно національного стандарту ДСТУ Б В.2.1-9. У той же час, усі ці стандарти не є обов'язковими для використання, а тільки довідковими, і їх наявність не заперечує можливості подальшої роботи над удосконаленням методик аналізу даних статичного зондування з метою досягнення нових більш об'єктивних результатів при аналізі будови інженерно-геологічних розрізів.

Вважаємо що необхідно спочатку зосередитись не на автоматичному розрахунку даних для якихось кореляційних залежностей для певних показників механічних властивостей ґрунтів при інженерно-геологічних вишукуваннях, а на можливості оцінки саме мінливості геотехнічного розрізу для чого цілком достатньо таких показників статичного зондування як лобовий опір ґрунтів конусу – $q_c = f(H)$, МПа та опір по бічній поверхні муфти тертя – $f_s = f(H)$, кПа, які безпосередньо визначаються в процесі випробовувань.

На рис. 1 б і рис. 2 б, як ми про це вже згадували в [3 с. 32; 4 с. 230], ті ж самі безпосередньо виміряні значення показників статичного зондування представлені спочатку у вигляді стовпчикових діаграм, а потім (рис. 1 в та рис. 2 в) у вигляді певних інтервалів глибини зондувальних свердловин з уже усередненими по цих інтервалах значеннями показників статичного зондування. І, що дуже важливо, для кожного із цих інтервалів тепер можна розраховувати такі статистичні показники як: дисперсія – S^2 , середнє квадратичне відхилення – S ; коефіцієнт варіації k_v ; показник оцінки точності розрахунку виборки – r та кількості вимірів, які враховані у кожному інтервалі глибини – n , (табл. 1) при статистичних розрахунках. На жаль, масштаби графіків у журнальній статті не дозволяють більш виразно показати той факт, що частина конкретних значень отриманих показників будь-яких зондувальних досліджень у процесі аналізу графіків відкидається як такі, що значно відхиляються, тобто їх можна вважати помилковими із тих чи інших причин,

але масштаби графіків запропоновані у новій редакції стандарту задовольняють таким вимогам. Таким чином, у подальшому аналізі геотехнічного розрізу є змога оперувати не тільки теоретичними (одиничними) статистичними показниками надійності (0,95; 0,85) прийнятими для параметрів q_c та f_s , а з урахуванням реальних для кожного інтервалу глибини значення квадратичних відхилень – S по кожній точці зондування, чи визначеному шару ґрунту.

Накладаючи безперервні графіки опору ґрунтів зондуванню на геотехнічний розріз нескладно отримати більш-менш реальне уявлення про мінливість будови цього розрізу та властивості ґрунтів, які його складають рис. 3 – 5.

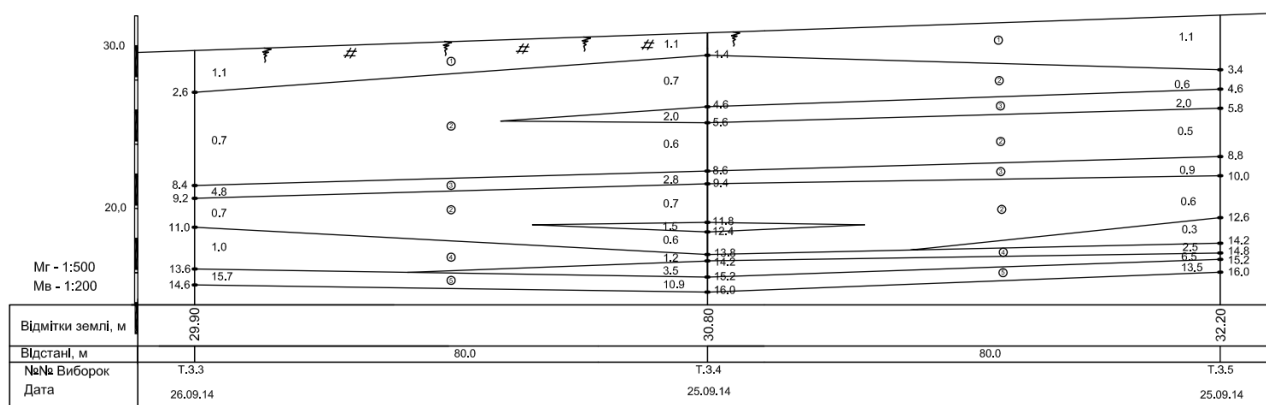


Рисунок 3 – Геотехнічний розріз з переважанням зв'язних ґрунтів побудований за усередненими значеннями показника q_c , МПа

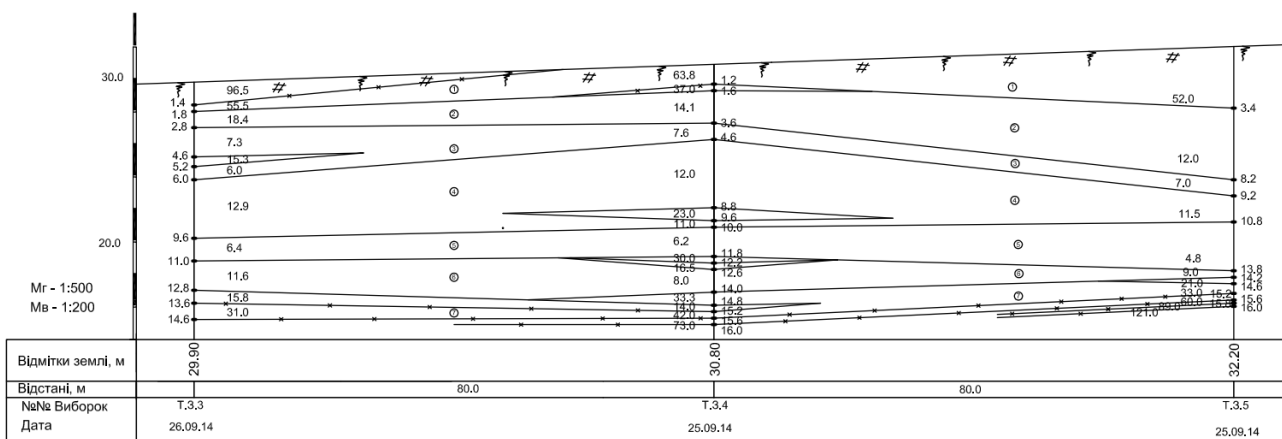


Рисунок 4 – Геотехнічний розріз з переважанням зв'язних ґрунтів побудований за усередненими значеннями показника f_s , кПа

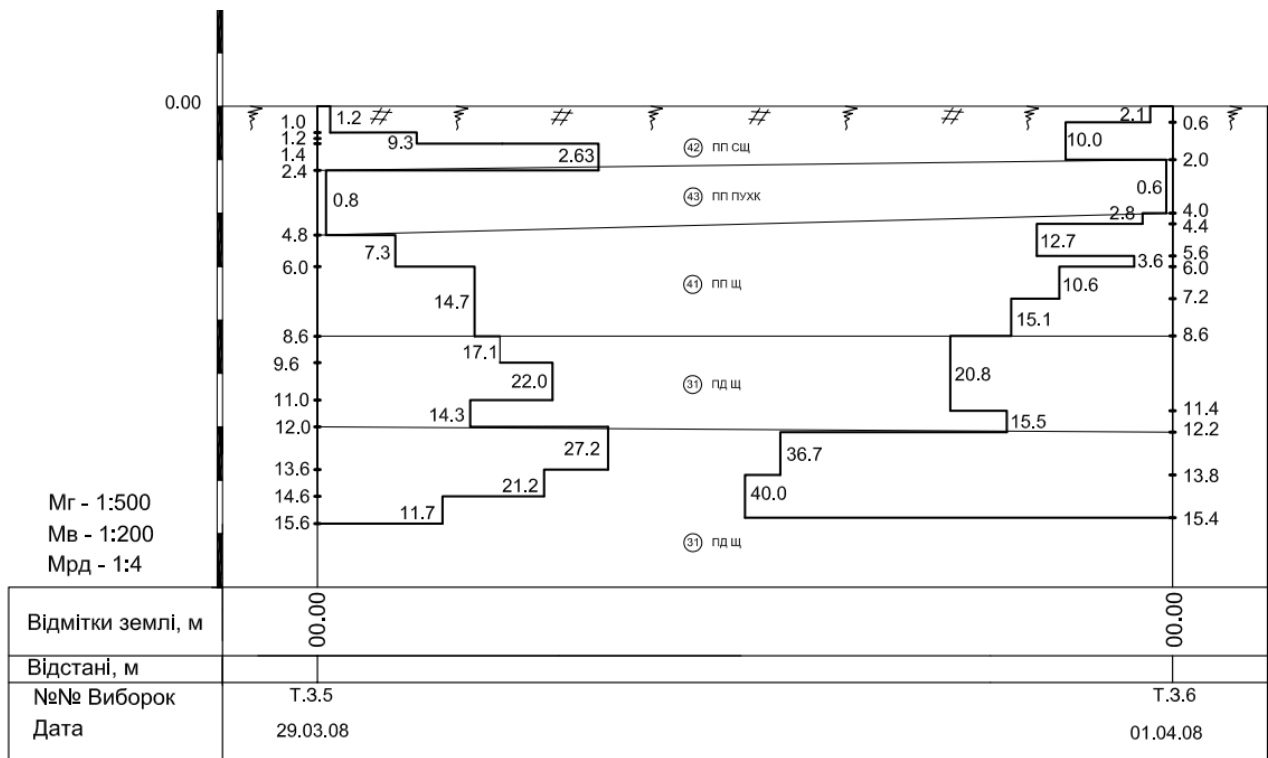


Рисунок 5 – Геотехнічний розріз з переважанням піщаних ґрунтів побудований за усередненими значеннями показника q_c , МПа

Таблиця 1 – Середні значення показників q_c та параметри їх неоднорідності у визначених інтервалах по глибині точки зондування № 6 на геотехнічному розрізі з переважанням піщаних ґрунтів (рис. 2 в)

№ шару	q_c , МПа	S^2 , МПа	S , МПа	κ_v , ч.од	ρ , ч.од	кількість вимірів n , од	h , м	H_1 , м	$H=H_{уст}-H_1$, м
1	2,1	—	—	—	—	1	0,6	0,6	
2	10,0	0,850	0,76	0,08	0,034	5	1,4	2,0	
3	0,6	0,091	0,30	0,51	0,192	7	2,0	4,0	
4	2,8	0,320	0,56	0,20	0,143	2	0,4	4,4	
5	12,7	2,950	1,72	0,14	0,061	5	1,2	5,6	
6	3,6	1,550	1,24	0,34	0,244	2	0,4	6,0	
7	10,6	0,460	0,68	0,06	0,028	5	1,2	7,2	
8	16,8	4,910	2,22	0,13	0,050	7	1,4	8,6	
9	20,8	4,530	2,13	0,10	0,032	10	2,8/	11,4	
10	15,5	3,400	1,84	0,12	0,060	4	0,8	12,2	
11	36,7	6,400	2,53	0,07	0,026	7	1,6	13,8	
12	40,0	—	—	—	—	8	1,6	15,4	

З одного боку, при цьому збільшується обґрунтованість вибору місць проходки розвідувальних бурових свердловин і глибини відбору зразків ґрунтів, а з іншого боку, аналіз отриманих геотехнічних розрізів дозволяє більш серйозно поставитись до достовірності представлення реального геотехнічного розрізу на основі методу статичного зондування ґрунтів.

На розрізі (рис. 3), із переважанням зв'язних ґрунтів, одразу видно велику товщу слабких (тобто із невеликою несною здатністю) ґрунтів ($q_c \leq 1,1$ МПа) по глибині розрізу. Модуль деформації цих ґрунтів, згідно чинних кореляційних залежностей, не перевищує 5 МПа, а це вимагає, скоріш за все, влаштування саме пальового фундаменту і найімовірніше, що це були б палі стійки при глибині обпирання біля 17 м.

З іншого боку виникає певний сумнів, а чи насправді основа є такою слабкою? Чи не занижують дані статичного зондування несну здатність ґрунтів? Бо ж буквально поруч (50 – 100 м) знаходиться вже досить давно побудований шляхопровід над залізницею і насип висотою біля семи метрів, які не мають жодних деформацій, що були б обумовлені недостатньою міцністю основи. У той же час, малоімовірно щоб фундаменти цього шляхопроводу колись були побудовані на 15 метрових палях-стійках.

Не сприяють довірі до методу статичного зондування й інженерно-геологічні розрізи побудовані на основі аналізу розподілу значень показника f_s по глибині зондувальних свердловин, рис. 4. Найперше, що тут привертає увагу (Т.3.4), так це досить часта, і різка на деяких глибинах, зміна середніх значень показника f_s . У зв'язку із цим виникає питання можливого суттєвого впливу механічних похибок при вимірюванні цього показника. І чи справді відбувається вимірювання саме тертя ґрунту по поверхні муфти тертя, чи це вимірюється щось інше? Таким чином, уже сама по собі побудова інженерно-геологічних розрізів за даними безпосередніх вимірів опору ґрунтів конусу чи поверхні муфти тертя при статичному зондуванні дає поштовх для більш ретельного наступного вивчення цих явищ.

На рис. 5 показано геотехнічний розріз, який складений піщаними ґрунтами з нанесеними на нього безперервними графіками усереднених значень показниками q_c , МПа. Ці графіки дозволять значно краще оцінювати мінливість несної здатності різних прошарків пісків.

Висновки

При аналізі стану ґрунтових основ за допомогою метода статичного зондування як допоміжного методу до даних бурових вишукувань краще користуватись не традиційним безперервними лініями графіків $q_c = f_s(H)$ (рис. 1а і 2а), а стовпчиковими діаграмами – $q_c = f(H)$ (рис. 1б і 2б). Статистичний аналіз окремих інтервалів таких діаграм одразу дозволяє більш ефективно оцінювати просторову мінливість властивостей ґрунтів і, відповідно, здійснювати вибір місць проходження бурових свердловин і глибини відбору зразків.

Пропонується застосовувати саме такий метод аналізу ґрунтово-геологічних розрізів у новій редакції ДСТУ Б В.2.1-9.

Література

1. ДСТУ Б В.2.1-9-2002. Ґрунти. Методи польових випробувань статичним і динамічним зондуванням. – К.: Держбуд України, 2002.
2. Санглера Г. Исследование грунтов методом зондирования (с применением пенетрометров). – М.: Стройиздат, 1971 (перевод с франц.).
3. ИН 280 УССР 040-87. Инструкция. Повышение устойчивости высоких насыпей автомобильных дорог Украинской ССР. – К.: Миндорстрой УССР, 1987.
4. Литвиненко А.С. Удосконалення методики обробки даних отриманих методами динамічного і статичного зондування ґрунтів // Будівельні конструкції : міжвідомчий науково-технічний збірник. – 2005. – Вип. 63. – С.154-162.

Рецензенти:

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

Балашова Ю.Б., канд. техн. наук, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури.

Reviewers:

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

Balashova Yu.B., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture.

Стаття надійшла до редакції: **15.11.2016 р.**

УДК 666.972:666.972.53

Толмачов С.М., д-р техн. наук

ОСОБЛИВОСТІ ПОВІТРОУТЯГНЕННЯ У ДОРОЖНІ БЕТОНИ ТА ФІБРОБЕТОНИ

Анотація. У статті показано, вплив додатково залученого повітря на властивості дорожнього цементного бетону. Встановлено, що додаткове повітря можна залучити в бетон за допомогою повітроутягуючих добавок або за допомогою поліпропіленової фібри. Показано, що порова структура бетону залежить від способу повітроутягнення. У статті наведено теоретичне обґрунтування причин відмінності в поровій структурі бетону.

Ключові слова: дорожній бетон, фібробетон, повітроутягнення, міцність, морозостійкість, порова структура

УДК 666.972:666.972.53

Толмачев С.М., д-р техн. наук

ОСОБЕННОСТИ ВОЗДУХОВОВЛЕЧЕНИЕ В ДОРОЖНЫЕ БЕТОНЫ И ФИБРОБЕТОНЫ

Аннотация. В статье показано, влияние дополнительно вовлеченного воздуха на свойства дорожного цементного бетона. Установлено, что дополнительный воздух может вовлечь в бетон с помощью воздухововлекающих добавок или с помощью полипропиленовой фибры. Показано, что поровая структура бетона зависит от способа воздухововлечения. В статье приведено теоретическое обоснование причин отличия в поровой структуре бетона.

Ключевые слова: дорожный бетон, фибробетон, воздухововлечение, прочность, морозостойкость, поровая структура

UDC 666.972:666.972.53

Tolmachov S. M., Dr. Tech. Sci.

FEATURES OF AIR ENTRAINMENT IN CONCRETE ROAD AND FIBER-REINFORCED CONCRETE

Abstract. The article shows the influence of entrained air further on the properties of cement concrete road. It is found that the additional air can engage in concrete using air-entraining additives or by using polypropylene fibers. It is shown that the pore structure of the concrete depends on the method of air entrainment. The article gives a theoretical justification reasons for the differences in the pore structure of the concrete.

Keywords: road concrete, fiber concrete, air entrainment, strength, frost resistance, pore structure

Вступ

Для підвищення довговічності дорожніх і аеродромних бетонів в їх склад зазвичай вводять додаткову кількість повітря. У нормативних документах різних країн прийнято, що забезпечити необхідну морозостійкість можливо при вмісті залученого повітря на рівні 3,5...7,5 %. На практиці найчастіше використовують повітроутягнення на рівні 5...6 %, не більше. Зазвичай для цього використовують повітроутягуючі хімічні добавки. Відомо також, що при повітроутягнення негативно впливає на міцність бетонів. Вважається, що 1 % залученого повітря приводить до зниження міцності бетону на 4...5 %. Наші дослідження показали, що зниження міцності від повітроутягнення залежить від кількості додаткового повітря і може досягати майже 14 % на 1 % повітря [1]. Додаткове повітроутягнення можливо також при введенні комплексу добавок, що складається з суперпластифікатору (СП) і повітроутягуючої добавки (ПУ), наприклад, СНО [2], що на думку авторів можна пояснити кращими параметрами диспергування повітряної фази. Було також встановлено, що додаткове повітроутягнення можна забезпечити за рахунок введення поліпропіленової фібри [3].

Стає очевидним, що для поліпшення довговічності і зниження негативного впливу повітроутягнення на властивості бетону, необхідно не просто введення додаткової кількості повітря, а модифікація порової структури. Останнім часом в дорожні бетони вводять різного роду фібру, тому метою дослідження було встановлення особливостей повітроутягнення в бетонні суміші в присутності різних повітроутягуючих добавок.

Експериментальні та теоретичні дослідження

Слід зазначити, що загальновідомою причиною зниження міцності бетонів є збільшення в першу чергу загальної та відкритої пористості.

Дослідження, проведені нами, при науковому супроводі будівництва ділянок бетонних доріг і майданчиків в період з 2005 до 2015 року показали, що при утриманні в бетонній суміші залученого повітря в кількості 3,4...3,7 % морозостійкість бетонів відповідає марці не нижче F300 (табл. 1). Обстеження цих ділянок в 2016 році показало, що вони знаходяться в задовільному стані. Міцність бетонів з повітровтягненні 5,6 % на 15 % менше, ніж бетонів з вмістом повітря 3,5 %. Водопоглинання складу з великим повітровтягненням більше на 16 %, що можна пояснити частковим збільшенням відкритої пористості, яке супроводжує зростання повітровтягнення. Коефіцієнти морозостійкості після 200 і після 300 циклів заморожування-відтавання обох складів не нижче 0,95, що вище в бетонах з великою кількістю повітря.

Таблиця 1 – Властивості бетонів з різною кількістю залученого повітря

№ з/п	Кількість залученого повітря	Міцність при стиску у віці 28 діб, R _{ст} , МПа	Водопоглинання W, %	K _{мрз} після кількості циклів	
				200	300
1	3,6 %	43,1	2,5	1,04	0,96
2	5,6 %	36,8	2,9	1,1	0,97

* в складі бетонної суміші знаходиться комплекс суперпластифікатор + повітровтягуюча добавка

Важливим наслідком цих практичних досліджень є те, що міцність бетону складу з меншим повітровтягненням відповідає марці M450, а з більш високим – марці M350. Додатково проведені дослідження показали, що збільшення кількості залученого повітря за рахунок традиційного застосування повітровтягуючих добавок, приводить також до збільшення числа відкритих пір і зміщення їх середнього радіусу в більшу сторону.

Іншим способом поліпшення властивостей бетону, в тому числі морозостійкості є введення фібри. Однак, деякі вчені, наприклад, як в [4], це пояснюють підвищенням адгезії волокон до цементної матриці. Дані табл. 2 показують, що застосування повітроутягуючої добавки забезпечує необхідний рівень вмісту додаткового повітря (4,6 % при такий витраті добавки). При введенні комплексу суперпластифікатор + повітровтягуюча добавка вміст залученого повітря зростає, що пов'язано зі слабкою повітроутягуючою здатністю суперпластифікаторів.

Таблиця 2 – Вміст залученого повітря в бетонних сумішах з добавками

№ з/п	Вид и кількість добавки	Вміст залученого повітря, %
1	ВВ, 0,1 % від $m_{ц}$	4,6
2	СП 0,7 % + ПУ 0,1 % від $m_{ц}$	5,2
3	Ф 0,24 % від $m_{ц}$	4,2
4	СП 0,7 % + ПУ 0,1 % + Ф 0,24 % від $m_{ц}$	6,8

* ПУ - повітроутягуюча добавка Sika Mix Plus, СП - суперпластифікатор Sika 2508, Ф - фібра поліпропіленова

Встановлено, що до підвищення вмісту залученого повітря приводить також введення поліпропіленової фібри (до 4,2 %). З огляду на повітровтягувальну здатність всіх трьох добавок, їх спільне введення в бетонну суміш має привести до значного повітроутягнення, що підтвердили результати досліджень (табл. 2) – кількість повітря зросла до 6,6 %. Ця кількість перевищує рекомендовані межі (5...6 %) і може привести до значного зниження міцності бетону, особливо, якщо додатково залучене повітря утворює велику пористість. З огляду на те, що поліпропіленова фібра являє собою досить міцні волокна, можна припустити, що ці волокна при перемішуванні будуть сприяти руйнуванню, в першу чергу, великих повітряних бульбашок.

Дослідження, які були проведені О. Шелудько і Дюйвісом показали, що мінімальна товщина плівки в водному розчині олеату натрію, яка утворює бульбашку повітря, становить 40 Å, а у водному розчині змочувача ОП-7 – в два рази більше, приблизно 85 Å [5]. Товщина цих плівок в два рази більше довжини молекули ПАР і також як поверхневий натяг залежить від концентрації ПАР. При концентрації розчину ОП-7 $C = 0,5 \%$, його поверхневий натяг становить $\sigma = 35 \cdot 10^{-3}$ Н/м. Для олеату натрію вже при $C = 0,1 \%$ $\sigma \approx 30 \cdot 10^{-3}$ Н/м, а при $C = 0,05 \%$, збільшується до $\sigma \approx 40 \cdot 10^{-3}$ Н/м [6].

Відомо, що в стійкій піні (яку створюють за допомогою піноутворювача, типу олеату натрію або ОП-7) окремі її бульбашки з часом можуть змінювати свої розміри [5]. При цьому розміри дрібних бульбашок завжди зменшуються, а великих – збільшуються. Це відбувається тому, що газ, в дрібних бульбашках відчуває більший тиск, ніж газ у великих бульбашках. Цей тиск направлено назовні бульбашки і прагне вирівнятися із зовнішнім тиском, спрямованим всередину бульбашки за рахунок дифузії газу через рідку плівку. Відповідно до рівняння Лапласа, капілярний тиск зростає зі зменшенням радіуса бульбашки і збільшенням поверхневого натягу:

$$\Delta P = \frac{4 \cdot \sigma}{R}, \quad (1)$$

де σ – поверхневий натяг;

R – радіус бульбашки;

коефіцієнт 4 враховує те, що бульбашка має дві поверхні - внутрішню і зовнішню.

При незмінному σ цей тиск залежить від радіуса і, отже, зі збільшенням радіуса стає менше, що приводить до можливості збільшення обсягу бульбашки. І, навпаки, при малих радіусах воно зростає, відбувається стиснення бульбашки.

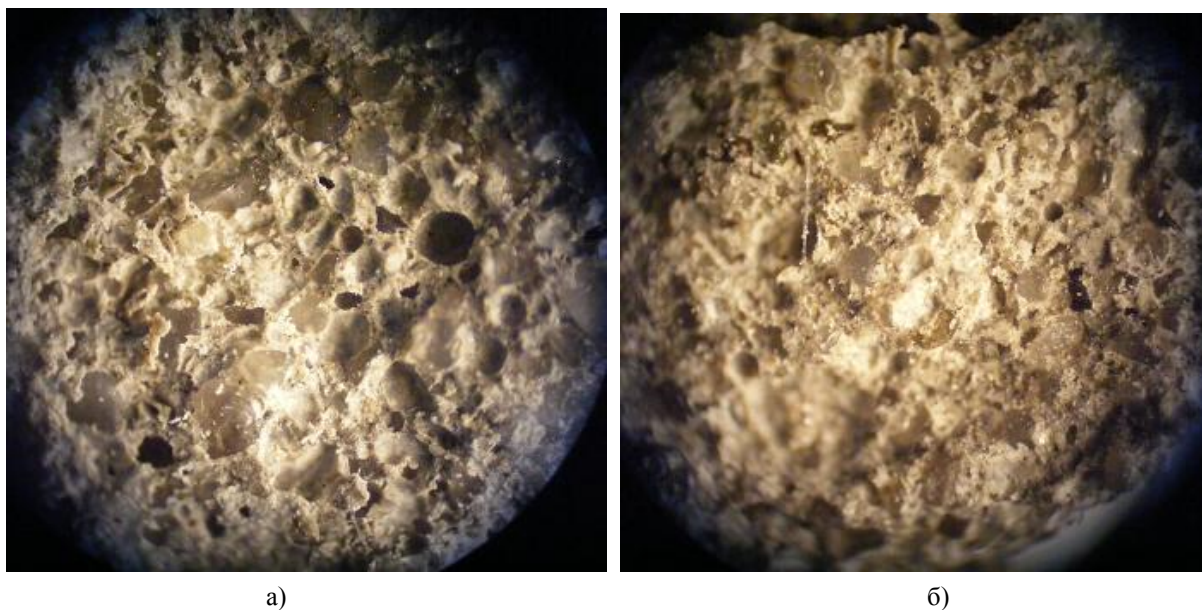
Необхідно враховувати також те, що при перемішуванні бетонної суміші, що містить бульбашки залученого повітря, спостерігається руйнування найбільших бульбашок саме в силу того, що зі збільшенням радіуса бульбашки відбувається зменшення величини капілярного тиску. При цьому стабільність (стійкість) бульбашки знижується. Прикладання в цей момент до бульбашки зовнішнього тиску приводить до його руйнування. З огляду на те, що поліпропіленова фібра являє собою волокна діаметром близько 5 мкм, питомий тиск, який чиниться такими волокнами при перемішуванні досить великий, і може приводити до додаткового руйнування бульбашок залученого повітря, в першу чергу, великих. З іншого боку, фібра сприяє додатковому повітроутягненню, але розміри цих бульбашок повітря повинні відрізнятися більшою однорідністю і бути меншого радіуса.

Висловлене підтверджують дані зміни кількості залученого повітря з різними добавками (табл. 2). Наприклад, при введенні до складу бетонної

суміші одночасно суперпластифікатору, повітроутягуючої добавки і фібри кількість залученого повітря зростає неадитивно.

Дані оптичної мікроскопії відколів розчину бетону, що містить суперпластифікатор в комплексі з повітроутягуючою добавкою або фіброю підтвердили висловлене припущення про те, що введення фібри при перемішуванні суміші сприяє руйнуванню великих повітряних бульбашок (рис. 2). Очевидно, що в бетоні, що містить, наприклад, суперпластифікатор Sika 2508 і повітроутягуючу добавку Sika Mix Plus, разом з дрібними повітряними бульбашками присутні також великі, які і знижують міцність бетону (рис. 1 а, 2 а). На відміну від цього, в бетоні без Sika Mix Plus, але що містить поліпропіленову фібру, кількість залученого повітря менше (що узгоджується з даними табл. 2), і він представлений бульбашками малого діаметра (близько 6 мкм).

Деяким поясненням більшої однорідності і більш високою стійкістю залучених фіброю повітряних бульбашок може служити те, що збільшення в'язкості середовища приводить до підвищення стійкості пін. Якщо вважати, що введення повітроутягуючої ПАР сприятиме деякому зниженню в'язкості бетонної суміші, а введення фібри приводить до підвищення в'язкості, то більш в'язка суміш забезпечить більшу стабільність повітряних бульбашок, що містяться в ній.



а)

б)

Рисунок 1 – Структура бетону з добавками: а) СП + ПУ (збільшення x32); б) СП + Фібра (збільшення x32)

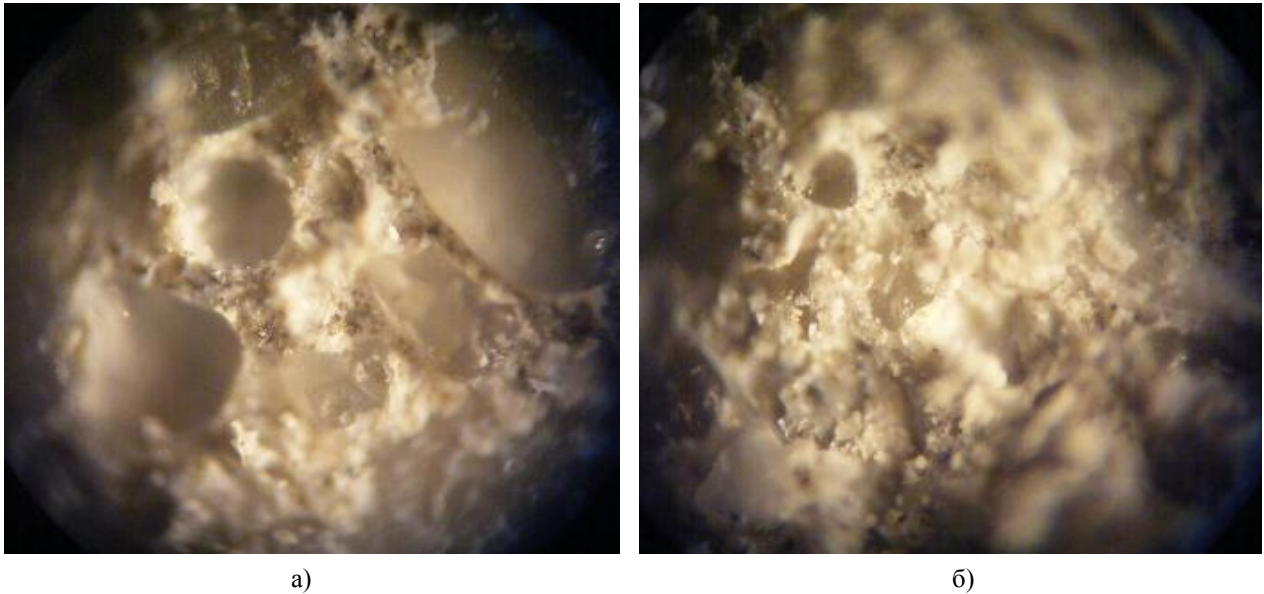


Рисунок 2 – Структура бетону з добавками: а) СП + ПУ (збільшення $\times 100$); б) СП + Фібра (збільшення $\times 100$)

Розглянемо ще один компонент бетонної суміші, який впливає на стабільність повітряної бульбашки – це суперпластифікатор. Підвищенню стійкості повітряних бульбашок сприятиме, так званий, «ефект Гіббса», який проявляється тільки в середовищах з ПАР [5]. Він пояснюється наявністю у плівки, яка обмежує бульбашку, досить високої в'язкості в поверхневому шарі. Підвищена в'язкість обумовлена існуванням приповерхневого подвійного електричного шару. В цьому випадку є певна суперечність: з одного боку згідно з формулою Лапласа при зниженні поверхневого натягу полегшується можливість деформування і руйнування повітряної бульбашки, а з іншого – встановлено, що основну роль грає здатність плівки підвищувати або знижувати поверхневий натяг при локальних деформаціях. Цю здатність Гіббс називав «ефективною пружністю плівки». Вона полягає в тому, що якщо одна ділянка плівки схильна розтягування, то відбувається збільшення його поверхні, а значить, концентрація ПАР на цій ділянці знизиться. Це приведе до підвищення поверхневого натягу на межі розділу фаз, що приведе до появи на цій ділянці стискаючих зусиль, що приводять до зміцнення. Цей ефект проявляється в тим більшою мірою, чим вище здатність плівки швидко змінювати поверхневий натяг при локальній зміні концентрації. Крім того, даний ефект практично не проявляється в розчинах ПАР, які мають постійний поверхневий натяг, який не залежить від концентрації, що характерно для ПАР, які володіють повітровтягувальною дією. Це, наприклад, олеат натрію або ОП,

в яких σ стає незмінною при концентраціях вище 0,1 %. Але він може добре проявлятися в розчинах йоногенних ПАР, наприклад, суперпластифікаторів. Тому повітряні бульбашки, що залучені в пластифіковану бетонну суміш за рахунок поліпропіленової фібри, будуть більш стійкими, ніж бульбашки, утворені дією повітроутягуючої добавки. Велика стійкість повітряних бульбашок в присутності фібри підтверджена в дослідженнях [7]. Автори пояснюють це кращим зчеплення між ними і протяжними волокнами фібри.

Дані табл. 3 також підтверджують висловлене вище. При приблизно однаковій кількості залученого повітря в бетон, що містить комплекс СП + ПУ має на 2 % меншу щільність і на 11 % меншу міцність у порівнянні з бетоном, що містить комплекс СП + Ф. Про менший вміст великих пір свідчить також трохи більше водопоглинання таких бетонів.

Таблиця 3 – Властивості бетонів з добавками

№ з/п	Показники	СП + Ф + ПУ	СП + Ф	СП + ПУ
1	Повітроутягнення, %	6,6	4,6	4,8
2	Міцність, МПа	41,4	49,7	44,1
3	Щільність, кг/м ³	2330	2400	2360
4	Стиранність, гр/см ²	0,30	0,25	0,3
5	Водопоглинання, W _m , %	2,8	2,0	2,3

Прямі дослідження морозостійкості бетонів, що містять зазначені комплекси добавок, показало, що їх морозостійкість відповідає марці F400 (рис. 3). Незважаючи на те, що коефіцієнт морозостійкості після 400 циклів випробувань у бетонів, що містять СП + Ф трохи нижче, ніж у бетонів з комплексом СП + ПУ, особливу увагу викликають кращі показники міцності, водопоглинання та стиранності в бетонах, що містять комплекс СП + Ф, що вельми важливо для дорожніх і аеродромних бетонів. В реальних умовах експлуатації ці показники будуть сприяти підвищенню довговічності таких бетонів.

Проведемо розрахунок капілярного тиску, що виникає в повітряних бульбашках. Дослідження показали, що в системі СП + ПУ середній діаметр бульбашок становить 15 мкм, а в системі СП + Ф він зменшений до 6 мкм (рис. 1, 2).

За нашими даними поверхневий натяг на межі розподілу фаз «водний розчин ПАР – повітря» при концентрації СП Sika 2508 1 % становить $\sigma =$

0,047 Н/м. Поверхневий натяг при концентрації повітроутягуючої добавки Sika Mix Plus 0,25 % становить $\sigma = 0,062$ Н/м. Величина поверхневого натягу водного розчину СП + ПУ зазначених концентрацій становить $\sigma = 0,043$ Н/м.

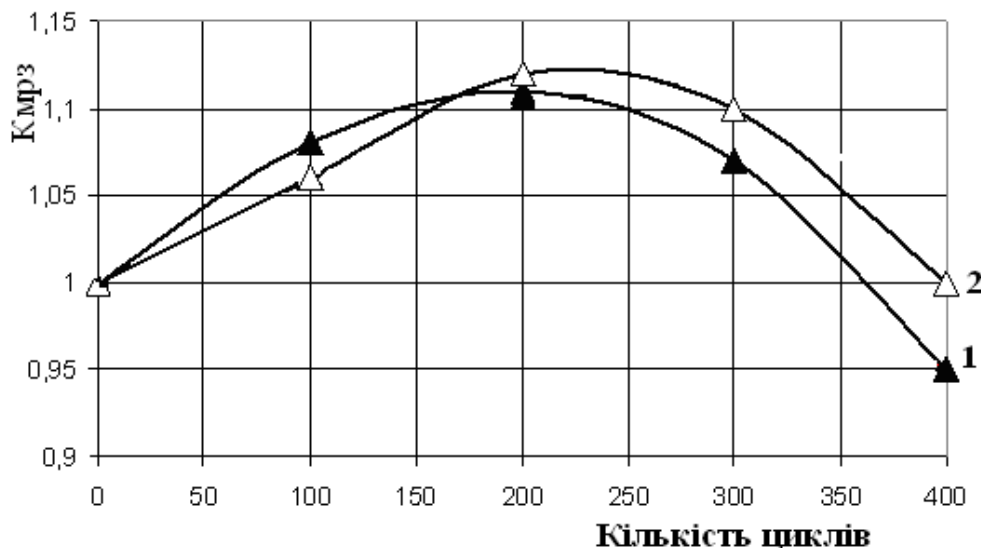


Рисунок 3 – Морозостійкість бетонів з різними добавками: 1) склад з СП + Ф; 2) склад з СП + ПУ

Тоді для системи СП + ПУ $\Delta p = 4\sigma/R = 4 \cdot 0,043 / 7,5 \cdot 10^{-6} = 22930$ Па або 22,9 кПа.

Для системи СП + Ф $\Delta p = 4\sigma/R = 4 \cdot 0,047 / 3 \cdot 10^{-6} = 62666$ або 62,7 кПа.

Тобто капілярний тиск в повітряних бульбашках при введенні до складу бетонної суміші поліпропіленової фібри в 2,74 рази вище, ніж в бульбашках, що утворюються повітроутягуючою добавкою. Це підтверджує велику стійкість таких бульбашок.

Висновки

1. Показано, що застосування поліпропіленової фібри замість повітроутягуючої добавки дозволяє забезпечити необхідне повітроутягнення при одночасному поліпшенні експлуатаційних властивостей бетону. Це обумовлено формуванням більш однорідною і дрібнопористою порової структури за рахунок дії фібри.

2. Встановлено, що застосування поліпропіленової фібри дозволяє при необхідності зменшити витрату повітроутягуючої добавки.

3. Теоретично обґрунтовано і розрахунковим шляхом доведено позитивний вплив суперпластифікаторів спільно з поліпропіленовою фіброю на

підвищення стабільності існування повітряних бульбашок в порівнянні з системою суперпластифікатор і повітроутягуюча добавка.

Література

1. Толмачев С.Н. Снижение прочности бетона при введении воздухововлекающих добавок в бетонную смесь / С.Н. Толмачев, А.В. Бражник // Современные проблемы строительства и жизнеобеспечения: безопасность, качество, энерго- и ресурсосбережение: сб. трудов III Всероссийской научн.-практ. конф. – Якутск, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Амосова. - 3-4 марта 2014. - С. 369 – 373.
2. Шитиков Е.С. Лигносультфонатные пластификаторы нового типа для бетонных смесей и бетонов различного назначения / Е.С. Шитиков, А.М. Кириллов, Л.А. Феднер, С.Н. Ефимов, А.Б. Самохвалов // Строительные материалы. - 2002. - № 6. - С. 36 – 38.
3. Бражник А.В. Монолитные дорожные цементные бетоны высокой морозостойкости с органоминеральным комплексом и фиброй. Дисс...канд. техн. наук. – Харьков, 2015. - 151 с.
4. Василик П.Г. Применение волокон в сухих строительных смесях / П.Г. Василик, И.В. Голубев // Строительные материалы. - 2002. - № 9. - С. 26 – 27.
5. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии / С.С. Воюцкий. – М.: «Химия», 1975. – 512 с.
6. Парфенова Л.Н. Гидродинамические и поверхностно-активные свойства гуматов / Л.Н. Парфенова, М.В. Труфанова, С.Б. Селянина и др. // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12. – Ч. 7. – С. 1411 – 1417.
7. Моргун Л.В. Влияние дисперсного армирования на агрегативную устойчивость пенобетонных смесей / Л.В. Моргун, В.Н. Моргун // Строительные материалы. – 2003. – № 1. – С. 33 – 35.

Рецензенти:

Мішутін А.В., д-р техн. наук, Одеська державна академія будівництва і архітектури.
Снітко В.П. канд. нехн. наук. Національний транспортний університет.

Reviewers:

Mishutin A.V., Dr. Tech. Sci., Odessa State Academy of Construction and Architecture.
Snitko V. P. candidate. nehn. Sciences. National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **28.12.2016 р.**

БУДІВНИЦТВО ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ДОРІГ І АЕРОДРОМІВ

УДК 625.7/.8(0.75)

Кизима С.С., канд. техн. наук, Лихоступ М.М., канд. техн. наук

СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ СТАНОМ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ ІЗ ЦЕМЕНТО-БЕТОННИМ ПОКРИТТЯМ

Анотація. Система управління станом доріг з цементно-бетонним покриттям розвинута в структурі створеної раніше СУСП і орієнтована в першу чергу на розробку спеціального нормативно-інформаційного забезпечення моніторингу стану покриття та моделей оцінки рівня його придатності до експлуатації, а також реалізацію алгоритмів призначення кращих технологічних варіантів і методів виконання відповідних дорожньо-ремонтних заходів.

Ключові слова: моніторинг стану, рівні руйнування, причини руйнування, експертно – аналітична система, оцінка стану, дорожньо-ремонтні заходи, програма робіт

УДК 625.7/.8(0.75)

Кизима С.С., канд. техн. наук, Лихоступ Н.Н., канд. техн. наук

СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СОСТОЯНИЕМ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ ИЗ ЦЕМЕНТА-БЕТОННЫМ ПОКРЫТИЕМ

Аннотация. Система управления состоянием дорог с цементно-бетонным покрытием развинута в структуре созданной ранее СУСП и ориентирована в первую очередь на разработку специального нормативно-информационного обеспечения мониторинга состояния покрытия и моделей оценки уровня его пригодности к эксплуатации, а также реализацию алгоритмов назначения

лучших технологических вариантов и методов выполнения соответствующих дорожно-ремонтных мероприятий.

Ключевые слова: мониторинг состояния, уровни разрушения, причины разрушения, экспертно – аналитическая система, оценка состояния, дорожно-ремонтные мероприятия, программа работ

UDC 625.7/.8(0.75)

Kyzyma S.S, Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), **Lykhostup M.M**, Cand. Eng. Sci. (Ph.D.)

ESTABLISHMENT OF MANAGEMENT SYSTEM PAVEMENT CEMENT-CONCRETE PAVEMENT

Abstract. The control system as roads with cement-concrete coating developed in the structure created earlier pu and focused primarily on the development of specific regulatory information providing condition monitoring coverage and valuation of its suitability for operation and implementation of algorithms purpose of best technology options and methods of implementation appropriate road maintenance activities.

Keywords: monitoring status, level of destruction, causes destruction expert - analytical system assessment, road repair activities, the program works.

Вступ

Створення системи управління станом автомобільних доріг уявляє собою складну і комплексну проблему, яка потребує для свого розв'язання створення спеціальних моделей для опису динамічних процесів зміни експлуатаційного стану окремих елементів і доріг в цілому. Вирішення таких проблем в Україні здійснюється в рамках створеної системи СУСП [2], яка дає змогу обґрунтовувати довгострокові раціональні програми робіт як на окремих дорогах, так і на мережах доріг виділеного регіону, в тому числі і при обмежених ресурсах.

Недостатньо відпрацьованими в системі СУСП залишились задачі визначення стану покриттів з цементно-бетонним покриттям та наступного обґрунтування структури дорожньо-ремонтних заходів з метою його покращення. Урахування специфіки процесів оцінки стану цементно-бетонних

покриттів вимагає передусім створення спеціального нормативно-інформаційного забезпечення, а обґрунтування заходів для його покращення – розробки спеціальних методів по визначенню раціональної структури дорожньо-ремонтних заходів і технологічних способів та порядку їх виконання. Обґрунтування системи дорожніх робіт та ремонтних заходів повинне базуватись на використанні критеріїв оцінки транспортно-експлуатаційного стану покриття та вартісних оцінок. В цілому розв’язання такої проблеми пропонується здійснити в рамках спеціально створеної експертно-аналітичної моделі, що органічно доповнює систему СУСП.

Постановка проблеми та її зв’язки з науковими та практичними завданнями

Проведені експериментальні дослідження в області оцінки стану цементно-бетонних покриттів свідчать про те, що використання тільки таких загальноприйнятих критеріїв як міцність чи рівність проїзної частини не є достатнім, оскільки досягнення певних значень цих показників далеко не завжди гарантує відповідність реальним ситуаціям. Як правило, транспортно-експлуатаційний стан цементно-бетонних покриттів залежить від впливу на них цілого комплексу факторів, які мають або невизначений характер свого проявлення або є наслідком „закритих” процесів експлуатації дорожнього одягу. До таких факторів, наприклад, слід віднести порушення технології будівництва земляного полотна, якість цементного бетону, в тому числі і його складових матеріалів, закриті процеси регулювання водно – теплового режиму, впливу окремих дефектів і руйнацій та інші.

З іншого боку, складність процесів оцінки стану цементно-бетонних покриттів та проектування заходів по його покращанню визначається і тим, що ліквідація їх руйнувань та деформацій вимагає виконання специфічних і досить трудомістких робіт. У цьому випадку оцінка видів робіт чи типів заходів, що можуть бути виконані з метою ліквідації руйнувань або деформацій покриття, вимагає виконання спеціальних розрахунків по визначенню їх вартості та обґрунтуванню технологічної доцільності їх реалізації.

Таким чином складність проблеми оцінки стану дорожніх одягів з цементно-бетонними покриттями вимагає проведення досить трудомістких наукових та експериментальних робіт, розробки цілого ряду нормативних документів та відповідного програмно-інформаційного забезпечення.

Створення такої системи управління станом покриттів вимагає розробки також і спеціальної методики їх моніторингу та розвитку спеціальних банків даних у структурі СУСП.

Складність процесів оцінки стану доріг з цементно-бетонним покриттям насамперед пов'язана із складністю прогнозування поведінки цементного бетону під динамічними навантаженнями з урахуванням дії фізико-географічних комплексів. Тому сьогодні практично неможливо розробити теоретичні основи деградації цементно-бетонного покриття, які дали б змогу прогнозувати отримання його певних фізико-механічних властивостей та розвинути систему оцінок руйнування цементного бетону. Тому розробка експертно-аналітичної моделі комплексної оцінки експлуатаційного стану доріг з цементно-бетонними покриттями з використанням визначених показників та критеріїв є практично єдиною можливістю вирішити таку складну задачу.

Викладення основної частини

Головними етапами експертно-аналітичної системи управління станом цементно-бетонних покриттів є:

- визначення структури показників, які відображують експлуатаційний стан покриття;
- формування порядку і правил моніторингу стану покриття;
- складання банків даних про стан покриття із використанням системи показників;
- обґрунтування можливих технологічних заходів для локалізації руйнівних процесів і ліквідації їх наслідків;
- складання пропозицій до розробки програм ремонтно-експлуатаційних робіт на ділянках доріг з метою покращення її транспортно-експлуатаційного стану.

Всі показники, які визначають транспортно-експлуатаційний стан покриття, розподіляються на дві групи.

До показників першої групи відносяться:

- міцність дорожнього одягу, що відповідає фактичним транспортним навантаженням;
- загальний показник рівності проїзної частини в показниках поштовхоміра;
- зчіпні якості проїзної частини.

Показником міцності, що визначає відповідність фактичним транспортним навантаженням, можливо прийняти коефіцієнт запасу міцності [1]

цементобетонної плити по напруженню розтягування при згині, який визначається за виразом:

$$K_{\text{міцн}} = \frac{R_{\text{ірозр}}}{\sigma_{\text{pt}}}, \quad (1)$$

де $R_{\text{ірозр}}$ - розрахункова міцність бетону на розтягування при згині:

$$R_{\text{ірозр}} = B_{\text{тв}} \cdot K_{\text{мм}} \cdot K_{\text{у}}, \text{ МПа}, \quad (2)$$

$B_{\text{тв}}$ - клас бетону по міцності на розтягування при згині;

$K_{\text{мм}}$ - коефіцієнт температурних умов набору міцності бетону, який приймається при температурі повітря більше 10°C - 1,2, при температурі нижче 10°C - 1,1 і при зимовому бетонуванні - 1,0.

$K_{\text{у}}$ - коефіцієнт стомлювання бетону при повторних навантаженнях:

$$K_{\text{у}} = 1,08 N_p^{0,063} \quad (3)$$

N_p - приведена розрахункова інтенсивність руху в одиницях нормативного розрахункового колісного навантаження Q_p (при нормативному осьовому навантаженні $G_1 = 115 \text{ кН}$ $Q_{p1} = 57,5 \text{ кН}$, при $G_2 = 100 \text{ кН}$ - $Q_{p2} = 50 \text{ кН}$) від дії всіх коліс, розташованих по одному борту автотранспортних засобів:

$$N_p = f_1 f_2 N \sum \delta_m S_m, \text{ одиниць/добу}, \quad (4)$$

f_1 - коефіцієнт, що враховує число смуг руху n при: $n = 2$ $f_1 = 0,55$; при $n = 3$ $f_1 = 0,50$; при $n = 4$ $f_1 = 0,35$; при $n = 6$ $f_1 = 0,30$;

f_2 - коефіцієнт, що враховує ширину смуги руху b : при $b \geq 3,75 \text{ м}$ $f_2 = 1,0$; при $b = 3,25 \dots 3,75 \text{ м}$ $f_2 = 1,1$; при $b = 2,75 \dots 3,25 \text{ м}$ $f_2 = 1,4$; при $b = 2,50 \dots 2,75 \text{ м}$ $f_2 = 1,80$;

S_m - сумарний коефіцієнт приведення m - го транспортного засобу до розрахункового колісного навантаження Q_{p1} чи Q_{p2} ;

σ_{pt} - фактичні напруження розтягування при згині, які виникають у бетонному покритті від дії розрахункового колісного навантаження, з урахуванням перепаду температури по товщині плити визначають за залежністю:

$$\sigma_{pt} = \frac{Q_p \cdot K_M \cdot 60 \cdot K_{умв} \cdot K_{умт} \cdot \left(0,0592 - 0,09284 \ln \frac{R}{l_y} \right)}{h^2 \cdot K_t}, \text{ МПа}, \quad (5)$$

де Q_p - розрахункове колісне навантаження, кН;

K_M - коефіцієнт врахування місця розташування навантаження (для неармованих покриттів $K_M = 1,5$; для покриттів з крайовим армуванням з розташуванням смуг накату не ближче 0,8 м від зовнішнього поздовжнього краю плити $K_M = 1,0$ для поздовжнього напрямку і $K_M = 1,5$ для поперечного);

$K_{умв}$ - коефіцієнт, що враховує умови роботи ($K_{умв} = 0,65$);

$K_{умт}$ - коефіцієнт, що враховує вплив штирьових з'єднань на умови контакту плити з основою (при наявності у поперечних швах штирів $K_{умт} = 1,0$; при відсутності - $K_{умт} = 1,05$);

h - товщина плити в см;

K_t - коефіцієнт, що враховує вплив температурного короблення плит; для середніх умов України для цілей оцінки можна приймати:

$$K_t = 1,419 - 0,029h, \quad (6)$$

R - радіус відбитка колеса з розрахунковим динамічним навантаженням, см (для $Q_p = 57,5$ кН $R = 18,4$ см, для $Q_p = 50$ кН $R = 18,55$ см); l_y - пружна характеристика плити:

$$l_y = h^3 \sqrt{\frac{E(1-\mu_0^2)}{6E_0^{екв}(1-\mu^2)}}, \quad \text{см} \quad (7)$$

E і μ - модуль пружності і коефіцієнт Пуассона бетону;

$E_0^{екв}$ і μ_0 - еквівалентний модуль пружності і коефіцієнт Пуассона підстиляючої плити основи. E , μ і μ_0 приймаються за зведеними додатками СУСП в залежності від механічних характеристик бетону і основи; $E_0^{екв}$ визначають у порядку, передбаченому методикою розрахунку нежорстких дорожніх одягів, з використанням наведених у додатках СУСП часткових модулів пружності шарів основи.

Загальний показник рівності проїзної частини – S визначають прямими випробуваннями з використанням поштовхоміра і фіксують у відповідних одиницях виміру – в см/км, а процедури оцінки рівності проїзної частини повинні відповідати „СОУ 45.2-00018112-042:2009 Автомобільні дороги. Визначення транспортно-експлуатаційних показників дорожніх одягів” та методичним положенням СУСП.

Фактичне значення коефіцієнта зчеплення визначають на основі прямих інструментальних випробувань з використанням обладнання і методик, передбачених „СОУ 45.2-00018112-042:2009 Автомобільні дороги. Визначення транспортно-експлуатаційних показників дорожніх одягів” та повинне відповідати до методичним положенням СУСП.

Відповідність визначення фактичних показників міцності, рівності та показника зчеплення положенням СУСП означає, що їх значення заносяться до банків даних системи у формі складених стандартних таблиць [3, 4]. Співвідношення між фактичними та нормативними значеннями цих показників формують тип проведення ремонтів покриття, а саме:

- а) проведення капітального ремонту покриття здійснюється, коли фактичні значення коефіцієнта запасу міцності – $K_{міцн}$, що отримані за виразом (1), складають: для доріг I та II категорій – 0,95, для доріг III категорії – 0,90.
- б) проведення поточного середнього ремонту рекомендується коли фактичні показники рівності проїзної частини – $S_{ф}$ більші допустимого – $S_{дон}$, а саме: для I категорії – $S_{дон} = 90$ см/км, для II категорії – $S_{дон} = 100$ см/км, для III категорії – $S_{дон} = 140$ см/км. Також проведення цього ж ремонту рекомендується, коли фактичне значення коефіцієнта зчеплення шин з проїзною частиною нижче ніж 0.35.

Для проведення як капітальних, так і поточних середніх ремонтів рекомендується використання різноманітних альтернативних технологічних варіантів, реалізація яких полягає в «опрацюванні» плит покриття (нарощування плит, їх повне руйнування та заміна) або в підсиленні існуючого цементобетонного покриття за рахунок укладання на нього шарів додаткового матеріалу. Перелік та описи альтернативних технологічних варіантів проведення ремонтів покриття занесені в довідниково-описову частину СУСП [4].

Слід відзначити, що вибір типу поточного середнього ремонту з числа альтернативних технологічних варіантів здійснюється після їх автоматизованого опрацювання за критерієм мінімальної вартості та можливості проведення робіт. При плануванні поточного середнього ремонту за будь-яким вибраним варіантом передбачається обов'язкове проведення поточного дрібного ремонту, що забезпечує повну ліквідацію всіх руйнувань і дефектів цементно-бетонного покриття.

До показників другої групи, що визначають стан покриття, відноситься система його локальних пошкоджень (руйнувань) та деформацій. З урахуванням досвіду ряду країн здійснена їх класифікація, яка включає 18 позицій - *поздовжні наскрізні тріщини, поперечні наскрізні тріщини* і так далі до *руйнування температурних швів*. На основі визначеної класифікації пошкоджень та руйнувань створено документ, який називається "Класифікатор руйнувань та пошкоджень цементно-бетонних покриттів" і в якому до кожної із позицій наведена експертна описова характеристика.

З метою подальшого урахування взаємного впливу руйнувань та деформацій на руйнування цементно-бетонного покриття, а, таким чином, і на пріоритетний порядок проведення дорожньо-ремонтних заходів по їх ліквідації, на основі експертних опитувань спеціалістів встановлено їх ранжування за двома критеріями – мірою ураження та їх значимістю. Також на основі численних прорахунків і експертних досліджень для кожного типу руйнування встановлено основні можливі причини їх виникнення і розвитку. Всі ці роботи дали можливість скласти робочий документ, в якому оцінюються рівні ураження покриття та критерії віднесення до них. Фрагмент цього документу наведено в табл. 1.

Основою для формування програм проведення ремонтів доріг та проведення окремих дорожньо-ремонтних заходів на дорогах є інформація по стан покриття, яка збирається із використанням двох методів:

- інструментальних методів, що базуються на роботі пересувних дорожніх лабораторій, які дають можливість виміряти показники міцності, рівності та зчеплення покриття із шинами автомобіля;
- експертних методів, тобто методів візуального обстеження покриття, які дають змогу визначити типи руйнувань і деформацій покриття та міру його ураження.

Таблиця 1 - Критерії оцінки міри ураження цементно-бетонного покриття за типами руйнувань (фрагмент)

Ко д	Найменування руйнування	Рівні уражень та критерії віднесення до них		
		Рівень 1	Рівень 2	Рівень 3
...		...	...	...
5	Сітка тріщин на поверхні плит	Сітка поверхневих тріщин на плитах з ознаками росту їх по глибині і подальшого розгалуження до 50 м ² /км.	Сітка тріщин із стороною чарунків 50-80 см з ознаками переростання їх у відкриті наскрізні, без втрати матеріалу до 100 м ² /км.	Сітка тріщин з чарунками менше 60 см, з наявністю відкритих наскрізних, з втратою матеріалу більше 100 м ² /км.
6	Відламування кутів плит	Візуальне фіксування початкового розвитку тріщин, яке визначає дислокацію поверхні руйнування в зоні одного чи двох кутів плити, епізодичні для ділянки випадки.	Відламування кутів плити (з катетом по шву до 1м). Міра ураження – до 20 випадків на 1 км.	Відламування кутів плити (з катетом по шву до 1м). Міра ураження – більше 20 випадків на 1 км.
18	...	...	...	...

Обстеження доріг з цементно-бетонними покриттями і ведення документації по реєстрації отриманих даних та подальшому підтриманню відповідних банків даних в структурі програмного забезпечення здійснюють у відповідності із інструкцією „Система управління станом покриттів. Інструкція по формуванню банків даних, К.: Укравтодор.- 2006, с.27”, яка доповнена відповідними новими таблицями та додатками.

Банки даних про фактичні значення руйнувань і деформацій покриття разом із іншою необхідною інформацією із банків даних СУСП використовують для автоматизованого пошуку можливих альтернативних технологічних способів ліквідації пошкоджень і визначення необхідних обсягів ремонтних заходів. Для цього в довідникову частину СУСП занесено біля 190 розроблених технологічних способів проведення ремонтних робіт. Кожен із цих способів передбачає спочатку усунення дії причини виникнення руйнівного процесу в конструкції, а потім – ліквідацію його наслідків. Технологічні способи ліквідації пошкоджень мають свою систему реєстрації спеціальними кодами, що складаються із чотирьох складових:

- перша складова коду визначає тип пошкодження;
- друга – причину виникнення пошкодження;
- третя – рівень ураження покриття по ушкодженням;
- четверта – порядковий номер альтернативного способу ліквідації пошкодження при певному рівні та причині, що його визвала.

Приклад опису технологічного способу ліквідації пошкодження першого типу - *поздовжні наскрізні тріщини* – наведено в табл. 2.

Таблиця 2 - Типова структура робіт дорожньо-ремонтних заходів (фрагмент)

Код	Найменування руйнування	Рівні уражень та критерії віднесення до них		
		Рівень 1 Структура робіт	Рівень 2 Структура робіт	Рівень 3 Структура робіт
1	Поздовжні наскрізні тріщини	Окремі та чітко виділені відкриті одиничні тріщини шириною до 3 мм без розгалуження і викришування. 1.Очистка від пилу і бруду тріщин. 2.Розлив органічного в'язучого на ширину 8-10 см (0.3 кг на 1 м) 3.Засипка піском	Безперервні відкриті тріщини шириною більше 3 мм з обмеженим розгалуженням і викришуванням. 1.Очистка від пилу і бруду тріщин. 2.Розлив органічного в'язучого на ширину 10-12 см (0.5 кг на 1 м) 3.Засипка піском	Широко розгалужені відкриті тріщини шириною більше 5 мм з викришуванням. 1.Очистка від пилу і бруду тріщин. 2.Обробка тріщин піско-струменевм або дисковою пилою (фрезую). 3.Заповнення тріщин термобітумним в'язучим (мастикою).
...	...	...	...	...

Для кожного із способів ліквідації руйнувань згідно його коду визначені і зареєстровані в довідникових банках даних СУСП описи технологічних процесів їх реалізації. Вибір технологічних способів з числа можливих варіантів здійснюються користувачем із використанням двох критеріїв – оперативно-технологічних можливостей його реалізації та критерію вартості.

Реалізація системи управління станом цементно-бетонного покриття здійснюється в рамках СУСП на основі розвинутого програмного забезпечення. Для цього розширена довідникова підсистема такими режимами, як: типи руйнувань, причини руйнувань, методи ліквідації руйнувань жорсткого одягу, проектування методів ремонту жорсткого одягу. В режимі введення доповнені функції формування нових таблиць, що відповідають занесенню даних про пошкодження та руйнування покриття із визначенням міри та значимості ураження. В режимі введення даних також розроблена функція занесення інформації про питому вартість кожного із способів ремонту жорсткого дорожнього одягу.

Розрахунки планів ремонту покриття здійснюються в традиційній послідовності СУСП, тобто в режимі ПЛАНУВАННЯ реалізуються такі етапи:
ЕТАП 1. Проведення розрахунків в режимі:

РОЗРАХУНОК КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ (по даним оцінки міцності).

ЕТАП 2. Проведення розрахунків в режимі:

РОЗРАХУНОК ПОТОЧНОГО СЕРЕДНЬОГО РЕМОНТУ (за критерієм зчіпних якостей).

ЕТАП 3. Проведення розрахунків в режимі:

РОЗРАХУНОК ПОТОЧНОГО СЕРЕДНЬОГО РЕМОНТУ (за критерієм рівності проїзної частини).

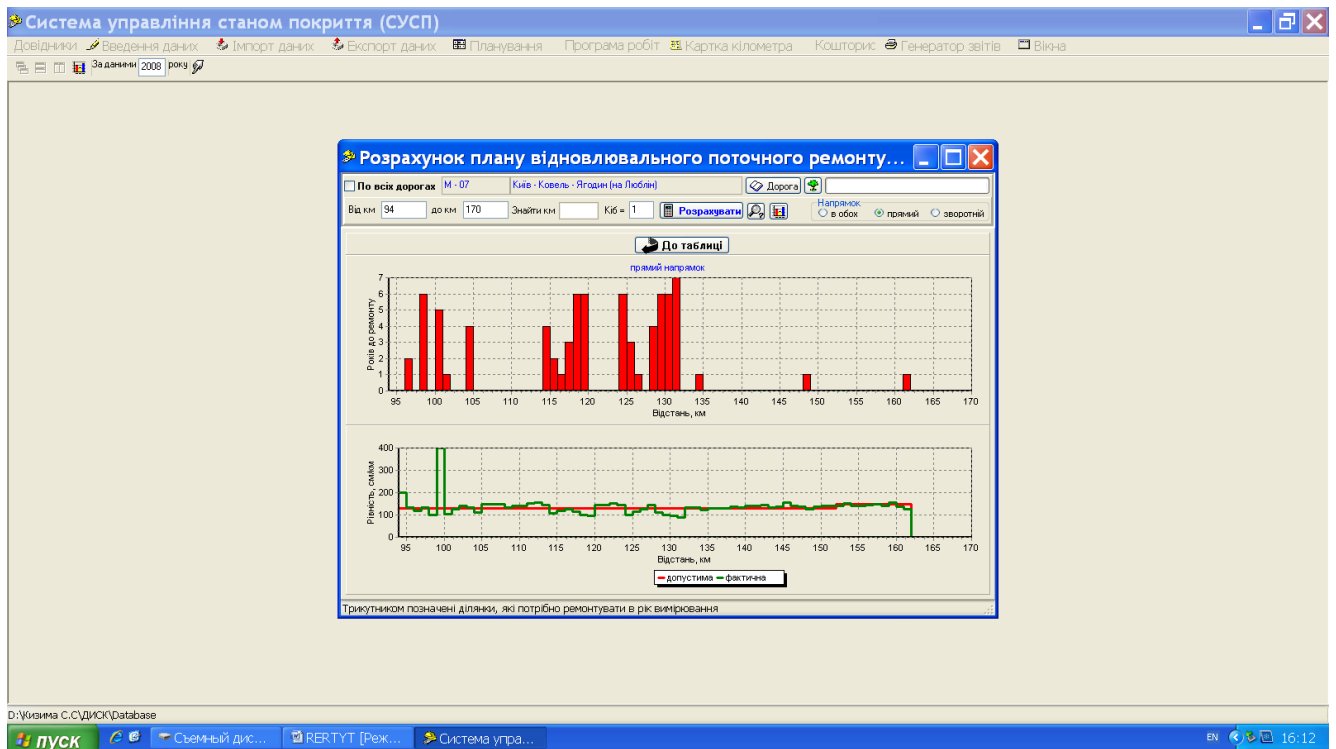


Рисунок 1 - Графік результатів розрахунків в режимі визначення ремонтно-відновлювальних робіт (за критеріями рівності і міцності)

Результати розрахунку планів проведення дорожньо-ремонтних заходів по кожному виду ремонтів висвітлюється як графічними документами (приклад рис.1), так і цілим переліком різноманітних відомостей, форму яких можливо вибрати в режимі ЗВІТИ. Слід відзначити, що основне програмне забезпечення СУСП сполучене із програмним забезпеченням по визначенню кошторисної вартості робіт. Таке сполучення дає можливість розрахувати вартість різних технологічних способів проведення комплексу робіт по ліквідації певних пошкоджень покриття та вибрати кращий варіант виконання робіт за критерієм мінімальної вартості.

Висновки

Визначення стану цементно-бетонних покриттів та проектування відповідних програм робіт з метою його покращання є досить складною задачею, оскільки природа процесів руйнування цементно-бетонних покриттів та доволі дорога технологія виконання дорожньо-ремонтних робіт не дають змогу розробити аналітичні моделі по вирішенню цієї задачі. Таму виникає необхідність у створенні відповідної експертно-аналітичної моделі.

Складена експертно-аналітична модель у загальному вигляді складається із ряду пов'язаних між собою підсистем, кожна із яких в свою чергу формується з використанням принципів експертної оцінки ситуацій та прийняття рішень. Так, наприклад, відповідно до кожного руйнування чи деформації розроблено комплексний, але типовий для різних ситуацій, підхід щодо визначення рівнів стану покриття, а всі процедури по розробці відповідних документів розвивалися в умовах їх широкого обговорення спеціалістами-експертами.

Навіть на такому відносно формалізованому етапі, як вибір варіантів проведення дорожньо-ремонтних заходів, значна підготовча робота реалізується з використанням знань експертів. На цьому етапі визначається послідовна оцінка причинно-наслідкової залежності всіх видів руйнувань, що дає можливість обґрунтувати рішення по проведенню дорожньо-ремонтних заходів шляхом послідовного відбору варіантів.

На етапі формування комплексної програми робіт для досягнення певного транспортно-експлуатаційного рівня на ділянці дороги також використовуються формалізовані правила експертної її оцінки. При цьому передбачається формування варіантів програм робіт з використанням правил можливого комплексного виконання дорожньо-ремонтних заходів з використанням технологічних правил та обмежень. Так, вибір кращого варіанту програми виконання дорожньо-ремонтних заходів на ділянці дороги здійснюється в інтерактивному режимі, тобто з використанням спеціальних програмних модулів передбачається автономний розрахунок вартості виконання варіантів програми робіт, а потім вибір кращого варіанту програми здійснюється експертом при перегляді результатів по всім варіантам.

Створена система визначення стану цементно-бетонних покриттів та формування відповідних програм робіт чи комплексів дорожньо-ремонтних

заходів може бути використана на різних рівнях управління системою експлуатації доріг.

Література

1. Кизима С.С. Експлуатація автомобільних доріг. /МОН України/.- К.: НТУ, 2009. – 272 с.
2. Кизима С.С., Канін О.П., Лихоступ М.М., Андреев С.І. Загальна характеристика української системи управління станом нежорстких дорожніх одягів.// Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – К.: – 2001. – Вип..62. – С.76 – 80.
3. Кизима С.С., Лихоступ М.М. Рекомендації по використанню СУСП для планування ремонтних робіт.// Державна служба автомобільних доріг України (Укравтодор). – К.: – 2002. 18 с.
4. Кизима С.С., Лихоступ М.М. Методика оцінки експлуатаційного стану дорожнього одягу з цементобетонним покриттям та заснування відповідних раціональних програм ремонтно – відновлювальних заходів в оболонці СУСП. М 218-02070912-687:2011.

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: **12.12.2016 р.**

УДК 625.7

Савенко В. Я., д-р тех. наук., Мудриченко А. Я.

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БУДІВНИЦТВА
АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ШАРІВ З ВИКОРИСТАННЯ
ТЕПЛИХ СУМІШЕЙ**

Анотація. В статті досліджуються питання використання теплих асфальтобетонів, які забезпечують достатнє ущільнення при низьких температурах і зменшують пошкодження структури завдяки меншим швидкостям охолодження.

Предоставлено аналіз лабораторних випробувань асфальтобетонної суміші з використанням в'язкого бітуму модифікованого добавкою Warmmix L .

Ключові слова: бітум, добавки, Warmmix L, теплі асфальтобетонні суміші, енергоефективність.

УДК 625.7

Савенко В. Я., д-р тех. наук., Мудриченко А. Я.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА
АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СЛОЕВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
ТЕПЛЫХ СМЕСЕЙ**

Аннотация. В статье исследуют вопросы использования теплых асфальтобетонов, которые обеспечивают достаточное уплотнение при низких температурах и уменьшают повреждение структуры благодаря меньшим скоростям охлаждения.

Представлен анализ лабораторных испытаний асфальтобетонной смеси с использованием вязкого битума модифицированного добавкой Warmmix L.

Ключевые слова: битум, добавки, Warmmix L, теплые асфальтобетонные смеси, энергоэффективность.

UDC 625.7

Savenko V.Ya., Dr. Tech. Sci., Mudrychenko A.Ya.

IMPROVING THE CONSTRUCTION TECHNOLOGY OF ASPHALT-CONCRETE LAYERS USING WARM MIX

Abstract. The article is dedicated to study of the issue applying warm asphalt mixtures that provide adequate compacting at low temperatures and reduce damage of the structure due to the lower cooling rate.

Presents the implementation of the results of laboratory tests of asphalt mixture using modified bitumen with a Warmmix L.

Keywords: bitumen, additives, Warmmix L , warm asphalt mixes, energy efficiency.

Теплі асфальтобетонні суміші - це загальний термін, що охоплює безліч технологій, що дозволяють виготовляти, транспортувати, укласти і ущільнювати асфальтобетонні суміші при більш низьких, ніж передбачено для звичайних (гарячих) сумішей, температурах [1].

Орієнтуючись на закордонну практику, можна стверджувати, що застосування на дорожніх роботах теплих асфальтобетонних сумішей - одне з найбільш перспективних напрямків.

Відомо, що ступінь покриття кам'яних матеріалів бітумом значною мірою визначається в'язкістю в'язучого. У загальному випадку, чим нижче в'язкість бітуму, тим швидше і рівномірніше всі зерна покриваються бітумною плівкою. Зниження в'язкості досягається, як правило, підвищенням температури в'язучого: гарячу суміш виробляють традиційно в діапазоні 150-165 °С. Кам'яний матеріал при цьому є сухим (його температура при виході з сушильного барабана може досягати 180-190 °С), в'язкість бітуму знижена до такого рівня, при якому він покриває мінеральний матеріал, а суміш є досить рухомою. Верхня межа температури нагрівання в'язучого і кам'яного матеріалу обмежена у зв'язку з інтенсивним окислювальним старінням в'язучого при підвищених температурах. Гарячу суміш укладають і починають ущільнювати при 120-150 °С, коли вона ще рухлива, і завершують укочувати при температурі не нижче 80 °С [2].

Технології теплих сумішей полягають у різкому зменшенні температурного режиму як на стадії їх приготування, так і на стадіях укладання та ущільнення. У результаті, порівняно з гарячими асфальтобетонними сумішами, теплі асфальтобетонні суміші володіють цілим рядом переваг [3]:

- економія енергоресурсів при виробництві;
- зниження викидів забруднюючих речовин;
- менш інтенсивне старіння бітумного в'язучого;
- підвищення дальності транспортування і можливість укладання суміші при знижених температурах;
- поліпшення умов праці як при виробництві, так і при укладанні.

На даний момент виділяють наступні методи виробництва теплих асфальтобетонних сумішей [2, 3]:

- використання присадок, що змінюють в'язкість бітуму (органічних - амідів жирної кислоти, восків Фішера - Тропша і гірських восків, мінеральних - цеолітів);
- метод двофазного змішування;
- використання спіненого бітуму.

Використання присадок, що змінюють в'язкість бітуму, - перспективний метод, що дозволяє значно поліпшити властивості бітуму: можливо виробництво бітуму в значних температурних інтервалах.

Метод двофазного змішування може здійснюватися шляхом змішування з бітумом спочатку великих фракцій кам'яного матеріалу і подальшим до додаванням дрібних фракцій або шляхом змішування кам'яного матеріалу з бітумом низької в'язкості і подальшим додаванням більш в'язкого бітуму [3, 4]. Цей метод збільшує тривалість циклу перемішування, отже, знижує продуктивність асфальтобетонного заводу.

Використання спіненого бітуму. Спінений бітум має меншу в'язкість і значно більшу питому поверхню, що покращує процес обволікання кам'яного матеріалу.

Спінювання бітуму досягають шляхом вприскування в гарячий бітум води і повітря: при розпиленні води в гарячий бітум відбувається випаровування води і утворення спіненого бітуму - бульбашок водяної пари, покритих тонкою бітумної плівкою [4].

Матеріали та методи досліджень

У дослідженнях використовували:

- Бітум нафтовий дорожній в'язкий марки БНД 60/90, що відповідає вимогам ДСТУ 4044 “Бітуми нафтові дорожні в'язкі.” Результати випробувань бітуму наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Фізико-механічні характеристики вихідного бітуму та бітуму з добавкою Warmmix L.

Найменування показників	Результати випробувань бітуму з вмістом добавки Warmmix L, %			Вимоги ДСТУ 4044 до бітуму марки БНД 60/90
	0	0,3	0,6	
1. Глибина проникнення голки (пенетрація), 0,1 мм: за температури 25 °С за температури 0 °С	85 26	85 28	85 30	від 61 до 90 не нормується
2. Температура розм'якшеності за кільцем і кулею, °С	47	47	47	від 47 до 53
3. Розтяжність (дуктильність), см: за температури 0° С за температури 25 °С	4,3 75	4,2 72	4,2 72	від 3,0 від 55
4. Температура крихкості, °С	-26	-22	-22	-12, не вище

- Щебінь. Для приготування асфальтобетонної суміші використовувався щебінь гранітний фракції 10-15 мм та 5-10 мм, що відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-75-98.

- Пісок. Для приготування асфальтобетонної суміші використовувався пісок із відсівів подрібнення вивержених гірських порід фракції 0-5 мм, що відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-32-95.

- Мінеральний порошок. Мінеральний порошок – неактивований, що відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-121-2003.

- Добавка в бітум Warmmix L для виробництва асфальтобетонних сумішей за пониженими температурами при виробництві, укладанні, ущільненні та за низькою температурою навколишнього середовища. Характеристики добавки представлені в таблиці 2.

Спосіб застосування добавки Warmmix L аналогічний застосуванню адгезійних добавок. Застосування добавки Warmmix L не вимагає додаткового перемішування. Результати випробування вихідного бітуму та бітуму з добавкою наведені в таблиці 1.

Таблиця 2 – Фізико – механічні характеристики добавки Warmmix L

Зовнішній вигляд	В'язка рідина
Колір	Темний
Ph	Основний
Щільність при 15 °С	0,946 кг/л
В'язкість при 50 °С	<1.000сР
Точка застигання °С	< 5 °С

На основі підбраного зернового складу була виготовлена та заформована гаряча дрібнозерниста щільна типу Б не переривчастого різновиду за гранулометрією марки 1 асфальтобетонна суміш без добавки та з добавкою Warmmix L. Вміст добавки під час випробувань складав від 0,3% до 0,6% від кількості бітуму. Приготування і ущільнення зразків відбувалось за різними робочими температурами.

За результатами показників фізико-механічних характеристик приготовлених асфальтобетонних зразків виконували оцінку впливу на них добавки Warmmix L .

Фізико-механічні характеристики асфальтобетону представлені в таблицях 3 та 4

Таблиця 3 – Фактичні значення показників зразків виготовлених за температури 160°С і заформованих за температури 90 °С з додаванням 0,3 % добавки Warmmix L на бітумі БНД 60/90

Найменування показників	Вимоги ДСТУ Б В.2.7-119	Результати випробувань			Точність вимірювань	
		Фактичні показники			Середнє арифметичн е	Середнє квадратичне відхилення
1	2	3	4	5	6	7
Середня густина зразка, г/см ³		2,40	2,39	2,40	2,397	0,0058
Водонасичення, % за об'ємом	1,0-3,0	0,96	1,21	1,13	1,1	0,1277
Водостійкість при тривалому водонасиченні, не менше	0,85	0,87	0,85	0,86	0,86	0,01
Границя міцності на стиск, МПа за температури:						
0 °С, не більше	12,0	7,8	7,8	7,6	7,733	0,1155
20 °С, не менше	2,7	3,5	3,7	3,5	3,567	0,1155
50 °С, не менше	1,3	1,44	1,47	1,49	1,467	0,1155
Границя міцності на стиск водо насичених зразків, МПа за температури:						
20 °С	-	3,0	3,4	3,2	3,2	0,2
Коефіцієнт водостійкості, не менше	0,80	0,90			0,90	-

Таблиця 4 – Фактичні значення показників зразків виготовлених за температури 160°C і заформованих за температури 90 °C з додаванням 0,6 % добавки Warmmix L на бітумі БНД 60/90

Найменування показників	Вимоги ДСТУ Б В.2.7-119	Результати випробувань			Точність вимірювань	
		Фактичні показники			Середнє арифметичне відхилення	Середнє квадратичне відхилення
1	2	3	4	5	6	7
Середня густина зразка, г/см ³	-	2,38	2,38	2,39	2,383	0,0058
Водонасичення, % за об'ємом	1,0-3,0	2,41	2,48	2,31	2,4	0,0854
Водостійкість при тривалому водонасиченні, не менше	0,85	0,95	0,94	0,93	0,94	0,01
Границя міцності на стиск, МПа за температури:						
0 °C, не більше	12,0	7,8	7,2	7,6	7,533	0,3055
20 °C, не менше	2,5	2,5	2,6	2,7	2,6	0,1
50 °C, не менше	1,3	1,36	1,31	1,32	1,33	0,1
Границя міцності на стиск водо насичених зразків, МПа за температури:						
20 °C	-	2,6	2,7	2,4	2,567	0,1528
Коефіцієнт водостійкості, не менше	0,80	0,99			0,99	-

На рисунках 1, 2 наведено вплив добавки Warmmix L на міцність асфальтобетонних зразків в залежності від її кількості та за різними температурами приготування та ущільнення.

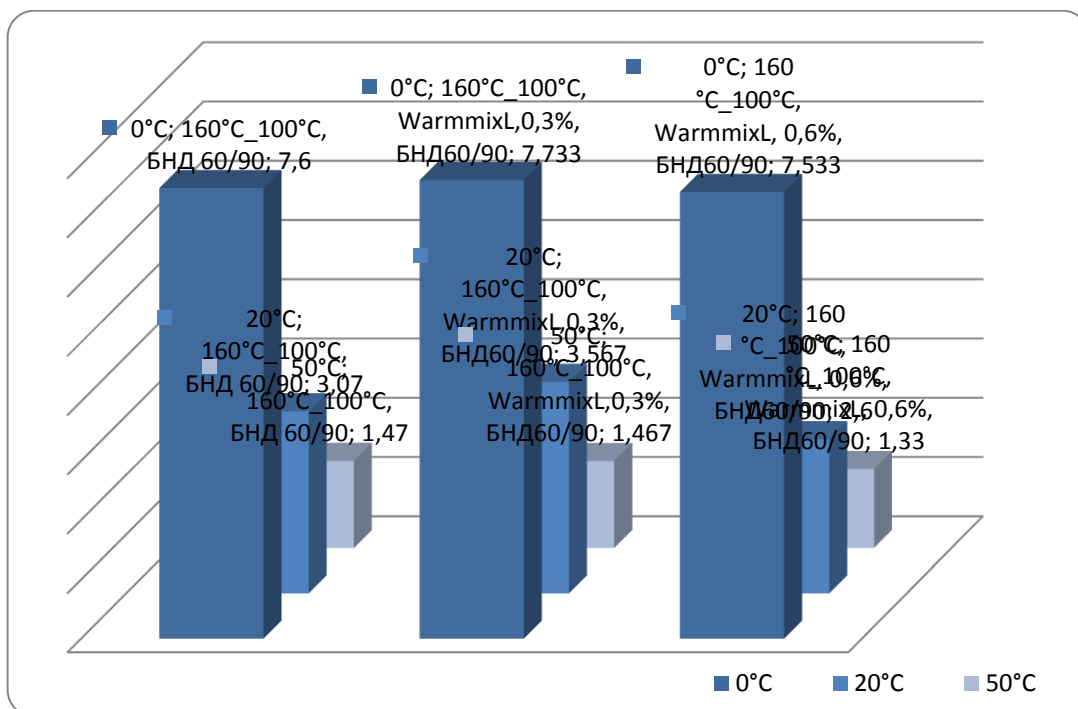


Рисунок 1 – Вплив добавки Warmmix L на міцність асфальтобетонних зразків в залежності від її кількості

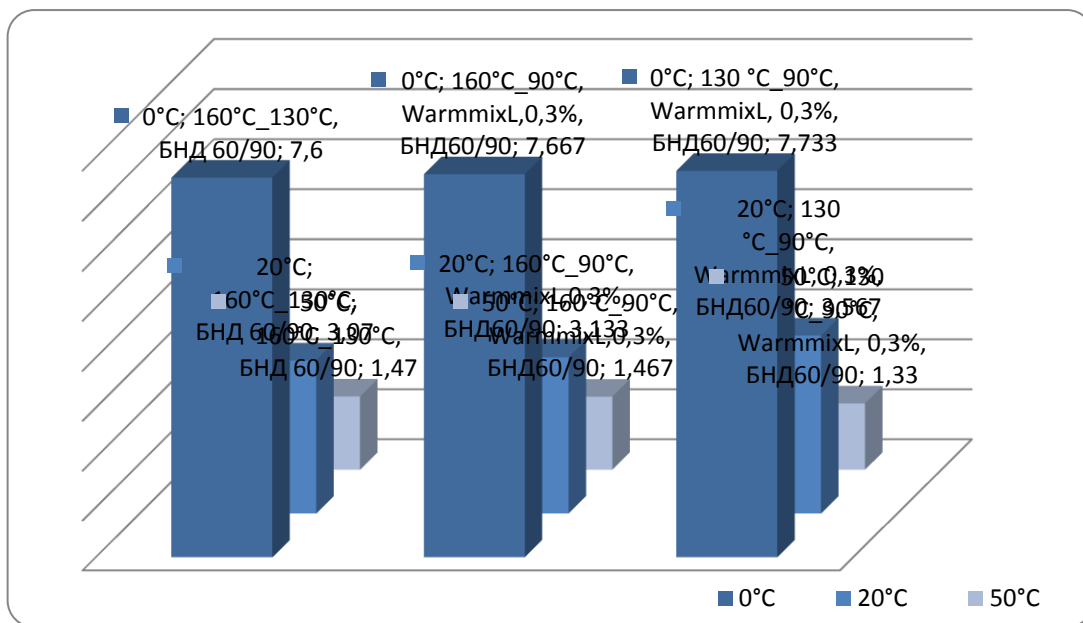


Рисунок 2 – Вплив добавки Warmmix L на міцність асфальтобетонних зразків за різними температурами приготування та ущільнення

Висновки

Використання енергозберігаючої добавки для приготування асфальтобетонної суміші із вмістом щебеню більше 45 % за масою, що виготовляються згідно з ДСТУ Б В.2.7-119 із застосуванням добавки Warmmix L у кількості від 0,3 % до 0,6 % до бітумів нафтових дорожніх в'язких марок БНД 60/90 згідно з ДСТУ 4044, можуть вироблятися за температури приготування 130-150 °С, а ущільнюватися за температури 90 - 115 °С.

Бітуми нафтові дорожні в'язкі марок БНД60/90 із додаванням до них добавки Warmmix L у кількості від 0,3 % до 0,6 % за своїми фізико-механічними та реологічними властивостями відповідають вимогам ДСТУ 4044;

Крім того, застосування добавки Warmmix L для гарячих асфальтобетонних сумішей, що виготовляються згідно з ДСТУ Б В.2.7-119, буде сприяти збільшенню будівельного сезону та надасть можливість виконувати роботи щодо влаштування асфальтобетонного покриття у холодну пору за температури навколишнього середовища до мінус 5 °С.

Література

1. Третьяков, Р. Теплый асфальтобетон в дорожном строительстве / Р. Третьяков // . – 2014. – № 5.
- 2.. Радовский В.С. Технология нового теплого асфальтобетона в США, Дорожная техника, 2008 г.
3. Хученройтер, Ю. Асфальт в дорожном строительстве / Ю. Хученройтер, Т. Вьорнер. –М. : ИД «АБВ-Пресс», 2013. – 450 с.
4. Першин, М.Н. Спінений бітум в дорожном строительстве / М.Н. Першин, Е.Н. Баринов, Г.В. Кореневський. – М. : Транспорт, 1989. – 80 с.
5. ДСТУ Б В.2.7-89-99 Матеріали на основі органічних в'язучих для дорожнього будівництва. Методи випробувань.
6. ДСТУ Б В.2.7-119:2011 Суміші асфальтобетонні та асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови.

Рецензенти:

Жданюк В.К., д-р техн. наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.

Гамеляк І.П., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Zhdaniuk V.K., Dr. Tech. Sci., Kharkiv National Automobile and Highway University.

Gameliak I.P., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **08.12.2016 р.**

УДК 625.7.032.32

Смолянчук Р.В., канд. техн. наук, **Смолянчук Н.В.**, канд. техн. наук,
Штефан О.М.

ВИЗНАЧЕННЯ РІВНОСТІ ДОРОЖНЬОГО ПОКРИТТЯ НА ШТУЧНИХ СПОРУДАХ

Анотація. В статті запропоновано виділити оцінку рівності покриттів на штучних спорудах в окремі дані. Дефекти, що виникають на штучних спорудах автомобільних доріг, можуть істотно впливати на комфортність та безпеку руху. Існуюча методика оцінки рівності автомобільних доріг передбачає покілометрову оцінку.

Ключові слова: штучні споруди, мости, шляхопроводи, дефекти, рівність, IRI.

УДК 625.7.032.32

Смолянчук Г.В., канд. техн. наук, **Смолянчук Н.В.**, канд. техн. наук,
Штефан Е.М.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РОВНОСТИ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ НА ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЯХ

Аннотация. В статье предложено выделить оценку ровности покрытий на искусственных сооружениях в отдельные данные. Дефекты, возникающие на искусственных сооружениях автомобильных дорог, могут существенно влиять на комфортность и безопасность движения. Существующая методика оценки ровности автомобильных дорог предусматривает покилометровую оценку.

Ключевые слова: искусственное сооружение, мосты, путепроводы, дефекты, ровность, IRI.

UDC 625.7.032.32

Smolianiuk R.V., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), **Smolianiuk N.V.**, Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), **Shtefan O.M.**

DEFINITION OF SMOOTHNESS OF THE ROAD SURFACE ON ARTIFICIAL STRUCTURES

Abstract. The article proposed to select assessment of smoothness of the road topping on the engineering structures in the individual data. Defects are appeared on the engineering structures of highways, may considerably affect on the comfort and safety of traffic. The existing method of smoothness assessment of the highways provides an assessment per kilometers.

Keywords: engineering structures, bridges, overpasses, defects, smoothness, IRI.

Вступ

Рівність дорожніх покриттів є одним з найважливіших показників транспортно-експлуатаційного стану автомобільних доріг. Від неї залежать зручність, безпека та швидкість руху автомобілів, динамічний вплив автомобіля на дорогу і штучні споруди (тобто ті додаткові вертикальні динамічні навантаження, які діють на дорожній одяг при русі автомобіля по нерівній поверхні дорожнього покриття), транспортні витрати, в тому числі, витрати пального, витрати, пов'язані з ремонтом автомобілів, і наприкінці, основні показники, які визначають роботу автомобільного транспорту – собівартість перевезень та продуктивність роботи транспорту.

Незважаючи на таку високу значимість рівності дорожніх покриттів у формуванні транспортно-експлуатаційних якостей автомобільних доріг, існує досить важлива проблема, пов'язана з оцінкою цього показника: вимірювання рівності автомобільної дороги здійснюється покілометрово, тоді як рівність дорожнього покриття штучних споруд окремо не оцінюється.

Основна частина

У вітчизняній практиці оцінка рівності дорожніх покриттів і вимоги до неї регламентуються ДСТУ Б.В.2.3.-3-2000 «Дороги автомобільні та аеродроми. Методи вимірювань нерівностей основ и покриттів» і «Технічними правилами ремонту та утримання автомобільних доріг загального користування України П-Г1-218-113-97». При цьому для вимірювання рівності використовуються триметрові рейки, нівеліри, поштовхоміри різних конструкцій і ПКРС-2У. Триметрові рейки та нівеліри використовуються, як правило, при прийманні-здачі робіт при будівництві, реконструкції або виконанні ремонту. Контроль рівності експлуатованих доріг здійснюється, як правило, поштовхоміром різних конструкцій або ПКРС-2У. Причому вимірювання ПКРС-2 проводиться тільки по правій смузі накату в прямому і зворотному напрямку на відміну від вимірювання поштовхоміром при швидкості руху 50 км/ч. При проведенні вимірювань необхідно в процесі проїзду витримувати задану швидкість з точністю ± 2 км/ч.

Напочатку 80-х років минулого століття спеціалістами Світового Банку було визначено 4 класи методів і методик оцінювання рівності, розроблених в усьому світі [1].

1 клас. Методики, що використовують найпростіші прилади, такі як рейка або рівень, хоча можливо і використання нівеліра. Рівність вимірюється в поздовжньому напрямку по 1 або 2 коліях. Використання приладів цього класу трудомістко і малопродуктивно.

2 клас. Устаткування так званого «безпосереднього вимірювання рівності». Це найсучасніші і високопродуктивні прилади, засновані на лазерних, ультразвукових чи інших датчиках, що дозволяють практично миттєво визначити відстань між умовним рівнем і дорожнім покриттям. Рівність оцінюють за допомогою спеціальної програми, що моделює рух «золотого» автомобіля за виміряним профілем. Така методика є основною у вимірі International Road Index (IRI, Міжнародний Індекс Рівності). IRI спочатку був розроблений фахівцями Мічиганського університету на замовлення Світового банку для проектів, здійснюваних в Африці. Але з часом популярність цього показника зросла і сьогодні він є одним з основних показників рівності у світі.

3 клас включає в себе прилади відповідь дії. Такі системи реєструють динамічний вплив на механізм приладу в результаті проїзду лабораторії з постійною швидкістю уздовж ділянки. Сюди відносяться поштовхоміри різних модифікацій, причіпні установки, які реєструють коливання підресореною частини транспортного засобу.

4 клас. Експертна оцінка. Така оцінка виконується експертом, що використовують спеціальну шкалу, визначальну IRI чи інший показник в залежності від стану дороги.

Аналізуючи методи оцінки рівності дорожніх покриттів на дорогах, можна зробити висновок, що її вимір проводять в основному по смугах накату і по них судять про стан поверхні покриття всієї смуги руху. При цьому слід зауважити, що ширина смуги накату може коливатися в межах 1-1,3 м, а ширина вимірювального колеса приладу знаходиться в межах 0,15-0,20 м.

На штучних спорудах, зокрема мостах та шляхопроводах, справи з вимірюванням рівності йдуть ще складніше. Для плавного проїзду автомобілів по мосту та на підходах до нього, а також для забезпечення гарного стоку води, покриття проїзної частини мосту повинно буди рівним та мати необхідні поздовжній та поперечний ухили [2]. Контроль за профілем покриття ведуть шляхом нівеліровки в межах мосту та на граничних з ним ділянках підходів

довжиною по 50-100 м. Профіль мосту знімають по осі та у бордюрів по точках, які розміщені при прольоті до 10 м – над опорами і в середині прольотів, при прольотах більш ніж 10 м - над опорами і в прольоті через кожні 5 м, починаючи від однієї з опор. На підходах точки нівелірування приймають кожні 5-10 м та в місцях просадок та переломів профілю.

Під час обстеження рівності автомобільних доріг рівність на мостах, шляхопроводах та інших інженерних спорудах окремо не вимірюється. Але ці споруди можуть мати порушення та дефекти, які суттєво впливають на остаточний результат оцінювання рівності покриття проїзної частини.

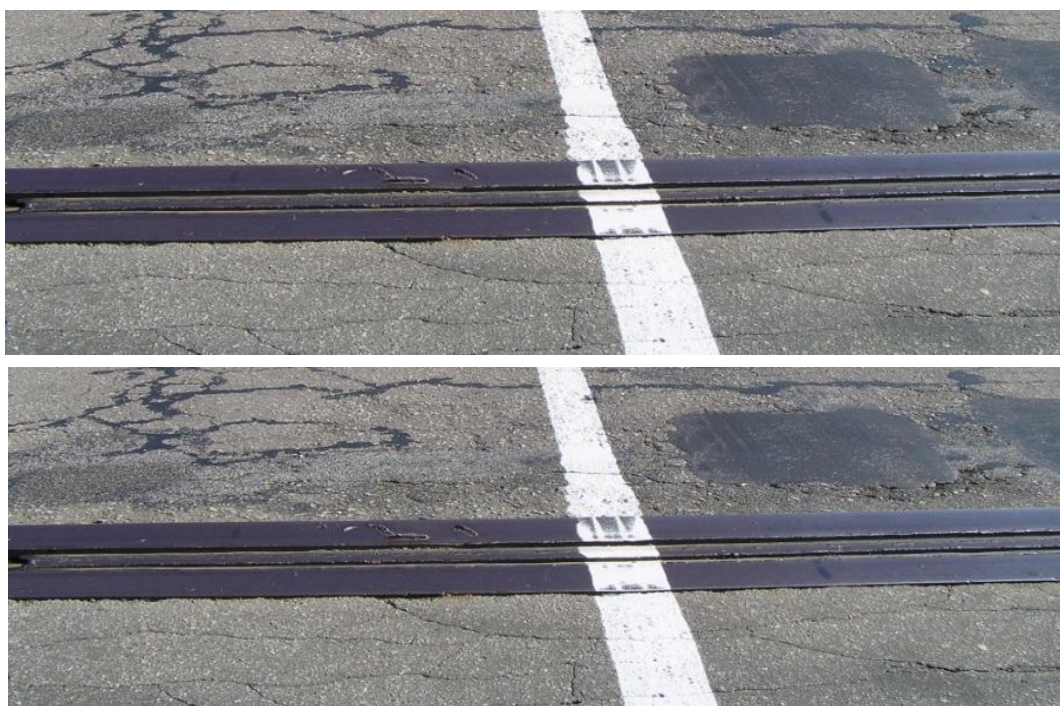


Рисунок 1 – Наявність локальних руйнувань шарів дорожнього одягу вздовж деформаційного шву на шляхопроводі на автомобільній дорозі М 29 Харків-Красноград-Перещепіно (Люботин-Мерефа) в селищі Люботин

До дефектів проїзної частини мостів, які більш за все впливають на показники рівності покриття, можна в першу чергу віднести дефекти, що виникають у районі деформаційних швів [3]. В наслідок підвищеного динамічного впливу на покриття та елементи деформаційного шву з боку транспортних засобів відбувається утворення вибоїн в покритті в цій зоні, а далі йде руйнування деформаційного шва. Причиною підвищення динамічного впливу є різниця висот між поверхнею деформаційного шву та поверхнею покриття проїзної частини, так звана «сходинка». Крім того, деформаційні шви

зазнають вплив вологи, що проникає крізь тріщини, які утворилися між швом та покриттям. Проникаючи у конструкцію, вода погіршує властивості бетону плити проїзної частини. Це приводить до подальшого руйнування конструкції і деформаційного шва і покриття (рис. 1).

Другим суттєвим дефектом мостів та шляхопроводів, який впливає на рівність покриття проїзної частини, є пониження профілю покриття у стиках насипу та перехідної плити споруди, тобто наявність просядок в місцях поєднання мосту з насипом (рис.2). Поява просядок може бути викликана різними причинами: поганим ущільненням ґрунту насипу у період будівництва підходів; руйнуванням тіла насипу та конусу внаслідок неправильного водовідводу, перезволоження та розмиву ґрунту; використання мерзлого ґрунту; а також зміщенням або руйнуванням перехідних плит. Так як жорсткість проїзної частини мосту та дороги неоднакова, то навіть при ідеальній рівності на ділянці сполучення мосту з насипом умови руху автомобіля змінюються при в'їзді на міст. А наявність нерівностей в місцях сполучень (рис.3) змушує водіїв понижувати швидкість і тим самим зменшувати пропускну здатність автомобільної дороги. У зв'язку з цим інтенсивність руху на мостах вище інтенсивності руху на дорозі.

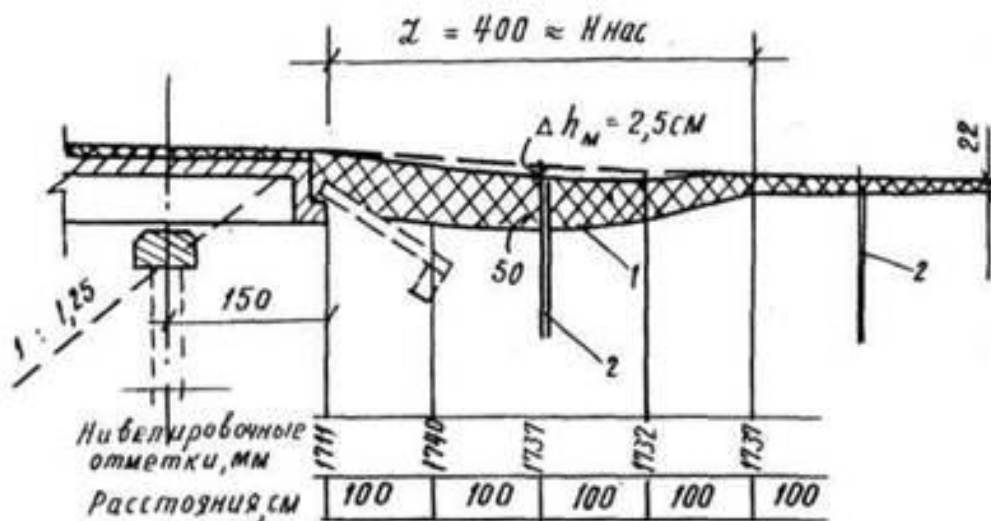


Рисунок 2 – Місцева просадка насипу біля одного з мостів на автомобільній дорозі Харків-Сімферополь (Е105)



Рисунок 3 – Руйнування шарів дорожнього одягу в зоні деформаційного шву на сполученні з перехідною плитою (міст через р. Сів. Донець в сел. Ст. Салтів)

При значному перевищенні значень фактичної інтенсивності руху транспорту над прийнятими в розрахунках, відбувається інтенсивний знос покриття та утворюється колія (рис.4). Особливо ця проблема проявляється на швидкісних магістралях. В місцях утворення колії по смузі накату в асфальтобетонному покритті відбувається інтенсивне руйнування, а в зоні деформаційних швів ще добавляється удар від коліс автотранспортних засобів об торець шву, що ще більше підвищує негативний динамічний вплив на стан штучної споруди в цілому та зокрема на стан покриття проїзної частини.



Рисунок 4 – Колійність на проїзній частині мосту (м. Чугуїв)

Найбільш перспективною технологією оцінки рівності дорожніх покриттів є оцінка за Міжнародним Індексом Рівності (IRI) [4]. Сучасні вимірювальні засоби, які відносяться до другого класу методів і методик оцінювання рівності, що уявляють собою ходові дорожні лабораторії з обладнанням для сканування дорожніх покриттів (рис. 5), дозволяють вести обстеження ділянок різної довжини. Це дає можливість визначати рівність по

довжині мосту або іншої інженерної споруди на автомобільній дорозі окремо від загальної рівності дороги.



а) профілограф «Roadmaster», Фінляндія; б) установка «TUS», Франція, в) ЛВС 2 ХНАДУ

Рисунок 5 – Ходові дорожні лабораторії для сканування дорожніх покриттів безконтактними датчиками

Висновки

Існуюча методика оцінки рівності автомобільних доріг не передбачає виділення ділянок, де розташовані штучні споруди. Оцінка виконується покілометрово. Це призводить до того, що нерівності на штучних спорудах, сконцентровані на незначній протяжності, можуть не істотно вплинути на загальний показник рівності на ділянці довжиною 1 кілометр. Внаслідок чого ця ділянка залишається без уваги. Під час виконання обстеження доріг на рівність необхідно окремо виділяти ділянки з штучним спорудами. Це дасть можливість урахувати вплив дефектів, які виникають на мостах та шляхопроводах на рівність покриттів проїзної частини, а значить на безпеку та комфорт руху і спланувати відповідні ремонтні заходи. Вимірювання рівності окремо на мостах і шляхопроводах також дозволить оцінити динамічний вплив

транспорту на конструкції споруд та дасть можливість враховувати основні дефекти проїзної частини цих споруд під час їх обстежень.

Література

1. Смолянчук Р.В. Розвиток й удосконалення сучасних технологій оцінки рівності дорожніх покриттів/ І. В. Кіяшко // Автошляховик України. – К. : Держ. автотр. наук. досл. і проектн. ін-т, 2007. – № 5. – С. 39–42.

2. Гайдук К.В. Содержание и ремонт мостов и труб на автомобильных дорогах / Мусатов С.А., Озе С.С., Поспелов Н.Д. – М.: «Транспорт», 1976. – 29 с.

3. Споруди транспорту. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів: ДСТУ- Н Б В.2.3-23:2012. – [Чинний від 2013-12-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2013. – 27 с. – (Національний стандарт України).

4. Смолянчук Р.В. Сучасні пересувні лабораторії для оцінки споживчих властивостей автомобільних доріг // Проектування, будівництво та експлуатація нежорстких дорожніх одягів. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, яка присвячена 80-річчю ХНАДУ та дорожньо-будівельного факультету.- Харків: ХНАДУ. – С. 138–146.

5. Miroslav Šimun, Mate Sršen Ravnost kolniških zastora na grajevinama cestovne infrastrukture. GRAČEVINAR. 2007. No 59. P. 395-405.

Рецензенти:

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

Reviewers:

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

Стаття надійшла до редакції: **18.01.2017 р.**

УДК 629.3.054.26

Урілов В.Т., Закревський А.І., канд. техн. наук,
Попелиш І.І., канд. техн. наук, **Корітчук С.О.**

ПРАКТИКА ЗИМОВОГО УТРИМУВАННЯ АЕРОДРОМУ АЕРОПОРТУ «БОРИСПІЛЬ»

Анотація. У статті розглянуто питання зимового утримування аеродрому аеропорту «Бориспіль». Дана характеристика дорожньо-кліматичних умов, а також характеристика злітно-посадкових смуг аеродрому. Висвітлені завдання аеродромної служби в осінньо-зимовий період по якісному експлуатаційному утримуванню аеродрому для забезпечення безперебійної роботи аеропорту.

Ключові слова: аеропорт, аеродром, злітно-посадкова смуга, аеродромна служба, сніго- і льодоприбиральна техніка, осінньо-зимовий період.

УДК 629.3.054.26

Урилов В.Т., Закревский А.И., канд. техн. наук,
Попелыш И.И., канд. техн. наук, **Коритчук С.А.**

ПРАКТИКА ЗИМНЕГО СОДЕРЖАНИЯ АЭРОДРОМА АЭРОПОРТА «БОРИСПОЛЬ»

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы зимнего содержания аэродрома аэропорта «Борисполь». Дана характеристика дорожно-климатических условий, а также характеристика взлетно-посадочных полос аэродрома. Освещены задачи аэродромной службы в осенне-зимний период по качественному эксплуатационному содержанию аэродрома для обеспечения бесперебойной работы аэропорта.

Ключевые слова: аэропорт, аэродром, взлетно-посадочная полоса, аэродромная служба, снего- и льодоуборочная техника, осенне-зимний период.

UDC 629.3.054.26

Urilov V.T., Zakrevskiy A.I., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.),

Popelysh I.I., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), **Koritchuk S.O.**

PRACTICE WINTER MAINTENANCE OF AIRFIELD THE AIRPORT "BORISPOL"

Abstract. The questions of the winter maintenance of the airfield airport "Borispol". The characteristic of road-climatic conditions and characteristics of the runways of the airfield. Highlights task airfield in autumn-winter period on qualitative operational airfield holding, to ensure the smooth operation of the airport.

Keywords: airport, airfield, runway, airport service, snow- and ice-sweeper technique, autumn and winter.

Більшість аеропортів України в осінньо-зимовий період знаходяться в зоні впливу мінусових температур. У цей період питання безпеки польотів безпосередньо пов'язані з вирішенням проблем оперативного видалення снігу і льодоутворень з аеродромних покриттів, підготовкою їх до надійного убезпечення польотів.

Державне підприємство «Міжнародний аеропорт «Бориспіль», який щорічно обслуговує майже 8 млн. пасажирів, є найбільшим міжнародним аеропортом України.

Аеропорт має дві паралельні злітно-посадкові смуги (ЗПС), розташовані зі зсувом одна відносно одної. Аеродром має розміри 5100х2000 м. Загальний розмір літних смуг 4300х300 м. ЗПС1 має розмір 4000х60 м, ЗПС2- 3500х63 м. Загальна площа землевідведення аеропорту- 897,2 га, площа аеродромних покриттів ЗПС, руліжних доріжок (РД), перонів – 179 га, площа ґрунтової частини летовища – 557 га.

Аеропорт «Бориспіль» розташований в другій дорожньо-кліматичній зоні. Клімат району розташування аеропорту помірно-континентальний із річною середньодобовою температурою повітря 6,7°C. Тривалість періоду із середньодобовою температурою нижче 0°C становить 118 діб.

Структурним підрозділом аеропорту, який відповідає за технічний стан аеродрому, є аеродромна служба (АС). Одним із основних її завдань в осінньо-зимовий період (ОЗП) є якісне експлуатаційне утримування аеродрому для забезпечення безперебійної роботи аеропорту. Воно полягає в систематичному контролі за технічним станом елементів аеродрому та у виконанні робіт по забезпеченню їх придатності до безпечного та регулярного виконання злітно-посадкових операцій – очищення від снігу, запобігання утворенню або видалення ожеледі.

Для своєчасного реагування та попередження негативного впливу метеоумов на надійність функціонування аеропорту аеродромна служба щоденно отримує прогнози та попередження про зміну метеопказників навколишнього середовища від Українського авіаційного метеорологічного центру (УАМЦ). Інформація надається по телефону, по каналах фіксованого зв'язку AFS та на монітор комп'ютера АС. Аеродромна служба має додаткову можливість відстежувати стан поверхні покриття ЗПС 1, яка обладнана системою раннього прогнозування льодоутворень GFS-2000 виробництва фірми «Бошунг-Мекатроник» (Швейцарія). За допомогою чотирьох зондів вмонтованих в покриття ЗПС 1, трьох зондів вмонтованих в покриття РД та метеорологічних датчиків, дві автоматичні метеостанції передають інформацію про небезпеку льодоутворень, стан поверхні покриття (вологість), температуру покриття та повітря, точку замерзання на поверхні покриття. Інформація в режимі реального часу також потрапляє на монітор комп'ютера в аеродромну службу. Прогнози погоди аналізуються начальником зміни АС, який приймає рішення щодо визначення стратегії роботи зміни в складних метеоумовах.

Для забезпечення регулярності польотів і раціонального використання засобів механізації роботи з очищення аеродрому від снігу, попередження та видалення льодоутворень виконуються в три черги.

1-черга: ЗПС 1, магістральна РД, основні РД ЗПС 1, зони «А» курсових і глісадних радіомаяків, основний перон «D», вогні та аеродромні знаки на ЗПС, РД. Загальна площа очищення 76 га.

Очищення від снігу елементів аеродрому, які відносяться до першої черги, виконується патрульним способом з початком снігопаду і повинне закінчуватись не пізніше однієї години після припинення опадів. Після

виконання робіт першої черги дозволяється відкривати аеродром для зльотів та посадок ПС.

Технологія, засоби механізації, час очищення ЗПС, перонів, норми витрат хімреагентів, (рідкий форміат калію та гранульований форміат натрію), технічні характеристики спецмашин наведені в альбомі технологічних карт. Для обробки автопід'їзду, проїздів перед терміналами та внутрішньоаеропортових доріг застосовується суміш піску та солі.

Прибирання снігу на перонах та дорогах здійснюється незалежно від прибирання снігу в зонах маневрування. Очищення автопід'їзної дороги та привокзальних площ виконується підрядними організаціями.

2-черга: Очищаються дві допоміжні РД до ЗПС 1, інші, окремі МС, які плануються використовувати.

3-черга: Очищається ЗПС 1, РД, ЗПС 2, патрульні дороги, внутрішньоаеропортові дороги, майданчики спецпризначення.

Роботи другої та третьої черг розпочинаються відразу після завершення робіт першої черги. Після припинення опадів і завершення робіт першої черги, виконуються роботи по видаленню снігових валів на ЗПС, РД, перонах та вивезенню снігу з перонів.

Під час інтенсивних чи довготривалих снігопадів пріоритет надається підтримці ЗПС 1 та основних РД цієї ЗПС. ЗПС 1 з магнітним курсом (МК) 36R обладнана радіомаячною системою посадки III-A категорії ІСАО, що дає можливість виконувати злітно-посадкові операції в умовах низької видимості. ЗПС2 у цьому випадку буде закрита до тих пір, поки ресурси АС не дозволять виконати її очищення.

Очищення від снігу ЗПС, РД проводиться патрульним способом з початком снігопаду, в перервах між зльотами та посадками повітряних суден (ПС) згідно з альбомом технологічних карт. Після припинення снігопаду виконується об'ємне снігоочищення, як правило, від осі до обочин ЗПС, РД, а при наявності бокового вітру, з урахуванням його швидкості схема очищення змінюється із зміщенням у навітряну сторону.

Попередження, очищення ЗПС і РД від льодоутворень та сльоти також виконується згідно з альбомом технологічних карт.

Сніг із ЗПС, згрібається на узбіччя та видаляється фрезерно-роторними снігоочищувачами під час перерви у виконанні польотів.

Максимальна висота снігових валів, які утворюються в результаті очищення покриттів від снігу, приймається рівню 30 см, згідно з вимогами стандартів ІСАО.

ЗПС, РД очищаються від снігу, сльоти, льодоутворень в такій мірі, щоб забезпечити найбільш можливий коефіцієнт зчеплення (Кзч) та можливість безпечного вирулювання ПС на робочу ЗПС та з неї і виконання зльотів і посадок ПС. ЗПС, РД очищаються на всю ширину.

В складних метеоумовах допускається очищення ЗПС 1 та ЗПС 2 на мінімальну ширину 45 м за умови надання інформації про це в повідомленні SNOWTAM.

Протиожеледна обробка ЗПС 1, ЗПС 2 здійснюється на ширину 45 м, РД - на ширину несучого покриття.

У складних метеоумовах, які значно ускладнюють процес очищення аеродромних покриттів, негативно впливають на виробничі процеси аеропорту, пропускну спроможність ЗПС та знижують якість функціонування аеродрому, змінний начальник аеропорту організовує нараду на якій визначаються пріоритети, стратегія та можливість застосування експлуатаційних обмежень на визначений період часу, а саме:

- робота з однією ЗПС;
- застосування обмежень на прийом/випуск ПС ;
- кількість придатних для використання місць стоянки (МС);
- обмеження в оперативності обслуговування ПС;
- припинення обслуговування рейсів (закриття аеродрому).

Парк аеродромної снігоприбиральної техніки аеропорту «Бориспіль» складається з 14 плужно-щіткових снігоочишувачів «Джет-Брум», які забезпечують швидке та ефективне прибирання снігу на швидкості до 30 км/год при продуктивності 11 га/год.

Шість «Джет-Брумів» для очищення ЗПС обладнані відвалом шириною 8 м та щіткою шириною 6м, вісім «Джет-Брумів» обладнані відвалом шириною 6м та щіткою шириною 4 м. Три «Джет-Бруми» мають обладнання для нанесення протиожеледної рідини з об'ємом баків 5000 л (1од.) та 2500 л (2 од.).

В період весняно-літнього періоду (ВЛП) шість «Джет-Брумів» можуть бути використані як вакуумно-прибиральні машини.

Для видалення валів снігу використовуються три фрезерно-роторні снігоочищувачі: «Rolba 3000» - продуктивністю 4700 т/год з швидкістю очищення до 30 км/год, «Snow booster» - продуктивністю 2500 т/год з швидкістю очищення до 10 км/год, «В-300» - продуктивністю 2000 т/год з швидкістю очищення до 10 км/год.

Для протиожеледної обробки аеродрому використовується розподільувач протиожеледної рідини «ASP Airport Sprayer» на базі автомобіля «МАЗ» з об'ємом баків 10000 л, ширина обробки до 24 м, швидкість до 20 км/год., та розподільувач протиожеледної рідини «BUCHER» на базі автомобіля «Мерседес» з об'ємом баків 10000 л, ширина обробки до 30 м, швидкість до 40 км/год.

Для нанесення твердого реагенту застосовуються два трактори «МТЗ» з причепним обладнанням «РМД», що має місткість бункера 4 т, швидкість до 20 км/год.

Для видалення сухого снігу та сльоти застосовуються дві вітрові машини на базі автомобіля КрАЗ 65101.

Для очищення доріг, майданчиків застосовуються:

- шнеко-роторний снігоочищувач «ДЕ-226»	- 2 од.
- трактор колісний «МТЗ»	- 6 од.
- машина для очистки малих територій «PONY P4-T»	- 1 од.
- машина дорожня комбінована «МДК»	- 2 од.
- машина для розкидання твердого хімреагенту «COBRA»	- 1 од.
- універсальна машина «UNIMOG UT 450 6»	- 1 од.
- автогрейдер «ДЗ-143»	- 1 од.
- бульдозер «ДТ-75»	- 1 од.
- бульдозер «Б-11»	- 1 од.
- екскаватор навантажувач «JCB»	- 1 од.
- екскаватор навантажувач «Борекс»	- 1 од.

Належну технічну готовність названих машин та механізмів забезпечує технічний центр аеродромної служби.

Контроль за станом ЗПС та оцінка характеристик зчеплення аеродромних покриттів покритих снігом, льодоутвореннями, сльотою, чи памороззю здійснюється черговою зміною АС.

Частота проведення інспекційної перевірки робочої площі аеродрому залежить від погодних умов. Інспекційні перевірки та оцінювання стану ЗПС проводяться при прийомі чергування, протягом зміни з регулярними інтервалами не більше 3 год., а також при будь - якій зміні стану ЗПС. У разі випадіння опадів частота проведення моніторингу стану ЗПС може змінюватись залежно від ситуації.

Мета оцінювання стану ЗПС полягає у визначенні типу забруднення, товщини шару та площі забруднення, а також його впливу на оцінене зчеплення на поверхні ЗПС з урахуванням фактичних погодних умов. Обов'язково визначається ширина та довжина розчищеної частини ЗПС, наявність та висота снігових валів.

Вимірювання коефіцієнта зчеплення виконується по двом паралельним лініям вздовж ЗПС на відстані 5-10 м від її осі, де здійснюється найбільша кількість злітно-посадкових операцій ПС. Коефіцієнт зчеплення вимірюється приладом безперервного принципу дії – скідометром BV-11. Результати вимірювань Кзч візуально відображаються на дисплеї комп'ютерного блоку, а також друкуються на паперовій стрічці принтера з зазначенням назви аеропорту, дати і часу проведення вимірювань, температури повітря, позначення ЗПС та середніх значень Кзч по кожній третині довжини ЗПС, які позначаються послідовно літерами А, В і С. Літерою „А” позначається ділянка, що починається від торця ЗПС з найменшим магнітним курсом. Вимірювання коефіцієнта зчеплення є частиною загальної оцінки стану ЗПС.

Висновки

1. Найбільш складні умови експлуатації аеродромів мають місце в осінньо-зимовий період, що пов'язано, насамперед, з наявністю на поверхні аеродромних покриттів снігу та льодоутворень.
2. Безпечна і регулярна експлуатація повітряних суден в зимових умовах вимагає своєчасного та якісного очищення елементів аеродрому від снігу і льодоутворень.
3. Своєчасна та якісна підготовка аеропортів цивільної авіації до роботи в осінньо-зимовий період, повинна здійснюватись на основі розроблених планів, які передбачають повний комплекс заходів направлених на утримування споруд аеропорту у повній експлуатаційній готовності.

Література

1. Международные стандарты и рекомендуемая практика. Приложение 14 к Конвенции о международной гражданской авиации, ИКАО. «Аэродромы». Издание 5, 2009г.; Поправка №11-А издание 2013 г.
2. Руководство по аэропортовым службам: Часть 2. Состояние поверхности покрытий. Дос 9137-AN/898 ИКАО, издание 4, 2002 г.
3. Руководство по аэропортовым службам. Часть 9. Эксплуатационные службы. Дос 9137-AN/898 ИКАО, издание 4, 2002 г.
4. Циркуляр ИКАО 329. Состояние поверхности ВПП: оценка, измерение и представление данных. ИКАО, 2012.

Рецензенти:

Кизима С.С., канд. техн. наук, Національний транспортний університет.
Кіяшко І.В., канд. техн. наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.

Reviewers:

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

Стаття надійшла до редакції: **15.11.2016 р.**

УДК 625.7/.8

Шуляк І.С.

**ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВИПРОБУВАЛЬНОГО
ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ КОЛІЄСТІЙКОСТІ
ДОРОЖНІХ КОНСТРУКЦІЙ**

Анотація. В статті на основі аналізу та використання основних положень механіки контактної взаємодії тіл виконано теоретичне обґрунтування параметрів випробувального обладнання для створення навантаження на дорожню конструкцію при оцінюванні її колієстійкості.

Ключові слова: дорожня конструкція, параметри випробувального обладнання, колієстійкість, формули Герца, ударне навантаження.

УДК 625.7/.8

Шуляк И.С.

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО
ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ КОЛЕССТОЙКОСТИ ДОРОЖНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ**

Аннотация. В статье на основании анализа и использования основных положений механики контактного взаимодействия тел выполнено теоретическое обоснование параметров испытательного оборудования для создания нагрузки на дорожную конструкцию при оценке ее колесстойкости.

Ключевые слова: дорожная конструкция, параметры испытательного оборудования, колесстойкость, формулы Герца, ударная нагрузка.

UDC 625.7/.8

Shuliak I.S.

**JUSTIFICATION OF TEST EQUIPMENT TO ASSESS CALLS
ROAD CONSTRUCTIONS**

Abstract. The article deals with analysis and main provisions of mechanics bodies contact interaction. Theoretical justification of test equipment parameters for load creation on road construction at its wheel tracking durability evaluation is done.

Keywords: road construction, test equipment parameters, wheel tracking durability, Hertz's formulas, impact load.

Вступ

В роботах [1 – 3] запропоновано спосіб оцінювання колієстійкості дорожніх конструкцій, оснований на аналізі розмірів і форми лунки, що утворюється при повторному навантаженні поверхні покриття сферичним штампом безпосередньо на дорозі в польових умовах. З метою зменшення тривалості та підвищення продуктивності подібних випробувань було запропоновано використовувати динамічне навантаження за допомогою ударника, обладнаного сферичним штампом.

В даній статті на основі аналізу і використання основних положень механіки контактної взаємодії тіл виконана спроба теоретичного обґрунтування параметрів випробувального обладнання для реалізації згаданого способу.

Явище удару дуже часто зустрічається в техніці, в одних випадках воно приносить шкоду, в інших користь. Зовнішнє різнобарв'я ударних явищ не може приховати їх типові риси:

- 1) з кінематичного боку – швидкоплинність акту удару, за малий час якого відбуваються різкі зміни швидкостей, але малі зміни координат;
- 2) з динамічного боку – виникнення, а потім зникнення значних ударних сил [4].

Удар можна визначити як сукупність явищ, пов'язаних з різкими змінами швидкостей точок механічної системи, які відбуваються за такий малий час, що в порівнянні з імпульсами виникаючих при цьому ударних сил, можна знехтувати імпульсами всіх інших сил.

Постановка будь-якої задачі про удар полягає в формулюванні інерційних і реологічних властивостей тіл, які утворюють досліджувану модель (виділення інерційних елементів, використання уявлень про абсолютно тверде тіло і про тіла, які мають властивість пружності, в'язкості, пластичності), а також властивостей, які приписують силам ударної природи (їх розподіленість або зосередженість в просторі і часі).

Аналіз останніх джерел досліджень і публікацій

Однією з моделей, яка використовується в теорії удару, є модель абсолютно твердого тіла, яка розглядалась ще Ньютоном [4].

Добре відомо, що за допомогою цієї моделі вдалося розв'язати з великим ступенем точності багато важливих задач механіки. Одночасно зазначимо, що

існує ряд інших задач, для яких названа модель виявляється хоча і можливою, але лише грубо наближеною, і не забезпечує потрібну точність результатів розв'язку. Нарешті, є задачі, які в принципі не розв'язуються за допомогою уявлення про абсолютно тверде тіло.

Очевидно, що не має строгого змісту і наступне припущення Ньютона, який сформулював більш гнучке додаткове співвідношення. Він прийняв як постулат, що відносні швидкості тіл або, матеріальних точок перед ударом прямо пропорційні відносним швидкостям після удару:

$$V_{A+} - V_{B+} = -R(V_{A-} - V_{B-}). \quad (1)$$

Наприклад, для двох куль R називають коефіцієнтом поновлення. На думку Ньютона, він відбиває «власні» фізичні властивості тіл і не залежить від швидкості співудару. Знак « $-$ » перед R вводиться для того, щоб R було більше 0. Тоді разом з рівнянням, яке описує закон збереження імпульсу, можна розрахувати швидкість після удару, використовуючи її значення до удару

$$\begin{aligned} V_{A+} &= \frac{(m_A - Rm_B)V_{A-} + m_B(1+R)V_{B-}}{m_A + m_B}, \\ V_{B+} &= \frac{m_A(1+R)V_{A-} + (m_B - Rm_A)V_{B-}}{m_A + m_B}. \end{aligned} \quad (2)$$

Значення R потрібно визначати дослідним шляхом, простіше всього – шляхом спостереження за висотою відскоку тіла h_+ після його падіння з заданої висоти h_- на горизонтальну площину: $|V_{A-}|\sqrt{2gh_-}$ – швидкість кулі після удару, $V_{B-} = V_{B+} = 0$ (друге тіло – земля – нерухоме). Тоді можна легко отримати:

$$\begin{aligned} R &= \frac{|V_{A+}|}{|V_{A-}|} = \sqrt{\frac{h_+}{h_-}}, \\ R &= \sqrt{\frac{h_+}{h_-}}, \\ h_- &\geq h_+. \end{aligned} \quad (3)$$

Концепція Ньютона включає в себе не тільки випадки абсолютно пружного $R = 1$ і абсолютно не пружного удару $R = 0$, а також і проміжні випадки не пружного удару $0 < R < 1$. В цих виразах проглядається натяк на існування деформацій пружних або пластичних.

Але, в цілому, найсуттєвішим недоліком згаданої моделі є те, що вона не дає змогу розрахувати деформації тіл при ударі.

В кінці XIX століття Г. Герцом була вирішена задача про контакт сферичного тіла з напівпростором (рис. 1) [5 – 6].

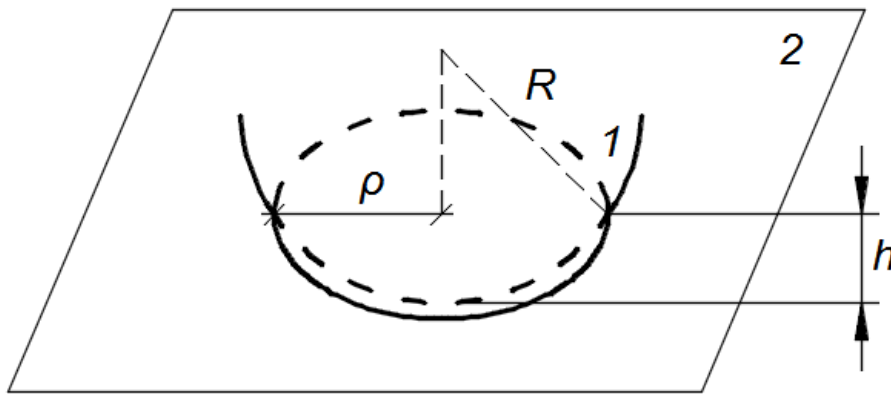


Рисунок 1 – Контакт сферичного індентора з пружним напівпростором

У відповідності з теорією Герца зближення тіл α_0 є степеневою функцією контактної навантаження P [7], тобто:

$$P = k\alpha_0^{\frac{3}{2}}, \quad (4)$$

де k – стала, яка залежить від матеріалів контактуючих тіл і початкової кривизни їх поверхонь в точці контакту.

Нелінійність цієї залежності пояснюється тим, що в процесі стискування площа контактної області не залишається сталою (в подібних випадках говорять про конструктивну нелінійність системи). Пропонувались розв'язки цієї задачі, які ґрунтуються на припущенні більш щільного стискування тіл в контактній зоні. При цьому зв'язок $P = P(\alpha)$ виявився більш близьким до лінійного ніж зазначеного вище.

Теорію Герца неважко модифікувати, приймаючи інші залежності між P та α . Так в роботі [8] отримано розв'язок задачі для довільного степеня n :

$$P = k\alpha^n. \quad (5)$$

Вирішення задачі Герца лягло в основу механіки контактної взаємодії твердих тіл [9].

В літературі відомі рішення багатьох контактних задач. В роботах [10 – 12] розглядалась взаємодія частинок з перепорою, при якій визначалась глибина лунки, що залишалась на поверхні металевої мішені після удару сферичного ударника, в ролі якого виступали тверді частинки.

В роботі [13] розглядалась динамічна модель вдавлювання жорсткої гладкої сфери в однорідне пружно-пластичне тверде тіло. На основі даної моделі авторами були запропоновані чисельно-аналітичні залежності, що описують поведінку твердого тіла в пружно-пластичній області контактної взаємодії. Дані залежності дозволяють врахувати додаткове зближення контактуючих тіл за рахунок динамічного навантаження.

В роботі [14] авторами вирішувалась задача про вдавлювання інерційної недеформованої сфери під кутом до металевого напівпростору. Результати зводились до визначення коефіцієнтів відновлення швидкості.

В роботах [10, 15, 16] в якості характеристики матеріалу напівпростору використовувалась динамічна твердість H_1 та щільність ρ_1 . З другою характеристикою проблем немає, в той же час для асфальтобетонних шарів відсутня будь-яка інформація про їх динамічну твердість. Введення нового показника пов'язане зі значною трудомісткістю експериментальних досліджень. Тому будемо використовувати відому характеристику – модуль пружності, про залежність якого від температури є достатньо інформації і в існуючій літературі [17]. Ця ж характеристика входить до формул Герца [5], які ми використаємо як перше наближення до теоретичного обґрунтування параметрів випробувального обладнання для створення ударного навантаження.

Основна частина

Згідно з теорією Герца радіус кругової площадки контакту визначається за формулою [5]:

$$\rho = 0,909\sqrt[3]{\theta_{\Sigma}RN}, \quad (6)$$

$$\theta_{\Sigma} = \theta_1 + \theta_2 = \frac{1 - \mu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \mu_2^2}{E_2}, \quad (7)$$

де $E_1, \mu_1; E_2, \mu_2$ – пружні механічні властивості матеріалів контактуючих тіл – модуль пружності і коефіцієнт Пуассона відповідно;

R – радіус індентора, м;

N – навантаження на індентор, Н.

Вираз для максимального тиску в зоні контакту має вигляд [5]:

$$p_{\max} = 0,578 \cdot \sqrt[3]{\frac{N}{\theta_{\Sigma}^2 R^2}}. \quad (8)$$

Заглиблення h індентора в пружній напівпростір визначається за формулою [2]:

$$h = 0,825 \cdot \sqrt[3]{\frac{\theta_{\Sigma}^2 \cdot N^2}{R}}. \quad (9)$$

Модуль пружності індентора $E_1 \rightarrow \infty$, тому вираз (7) матиме вигляд:

$$\theta_{\Sigma} = \theta_2. \quad (10)$$

Скориставшись формулою (9) та виконавши необхідні розрахунки, отримали графіки залежностей заглиблення індентора від навантаження на штамп для щільних (рис. 2) та пористих і високопористих (рис. 3) асфальтобетонів на бітумах різних марок.

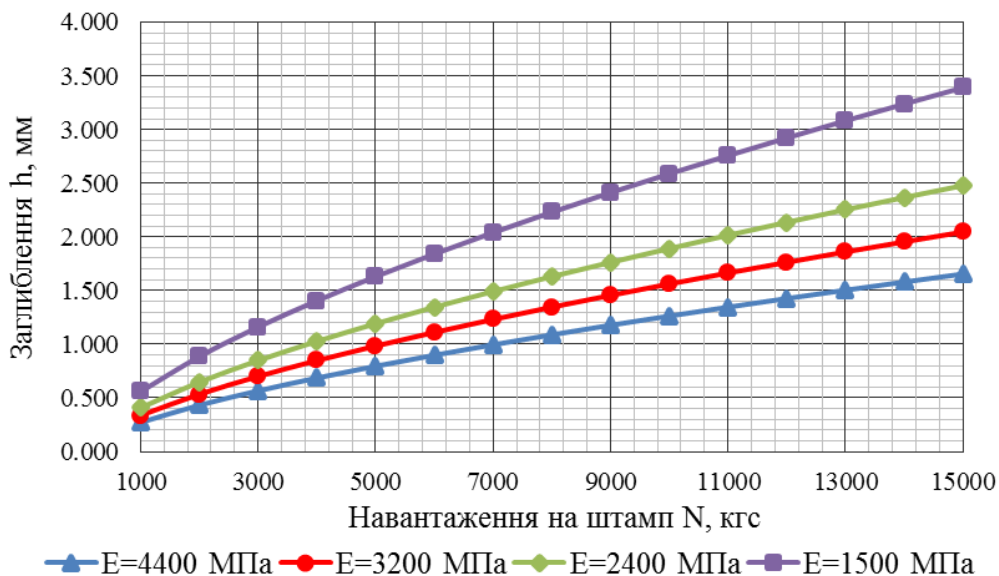


Рисунок 2 – Графік залежності заглиблення індентора від навантаження на штамп (для щільного асфальтобетону)

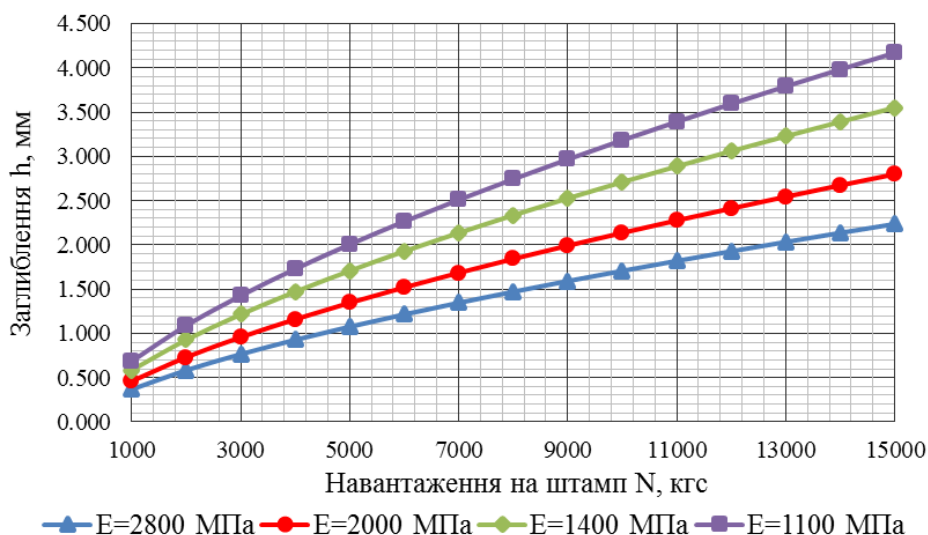


Рисунок 3 – Графік залежності заглиблення індентора від навантаження на штамп (для пористого і високопористого асфальтобетону)

При цьому, для розрахунків були використані максимальні розрахункові значення короточасних модулів пружності, взяті з табл. Е.2 Додатку Е [17], оскільки необхідно, щоб заглиблення індентора відбувалось навіть при малих температурах покриття. Навантаження на штамп змінювали в діапазоні від 1000 до 15000 кгс.

Отримані графіки свідчать про те, що зі збільшенням навантаження на штамп величина заглиблення індентора також збільшується. При цьому, щоб виміряти дану величину з необхідною точністю, вона повинна знаходитись в межах декількох міліметрів.

Звідси випливає, що при проведенні випробувань дорожніх конструкцій на колієстійкість величина тестового навантаження, прикладеного на штамп, повинна становити від 8000 до 15000 кгс.

Підставивши максимальне значення тестового навантаження на штамп в формулу (9), аналогічно отримаємо графіки залежностей заглиблення індентора від температури покриття для щільних (рис. 4) та пористих і високопористих (рис. 5) асфальтобетонів.

З отриманих графіків слідує, що величина заглиблення індентора залежить не тільки від навантаження на штамп, а й від температури поверхні покриття.

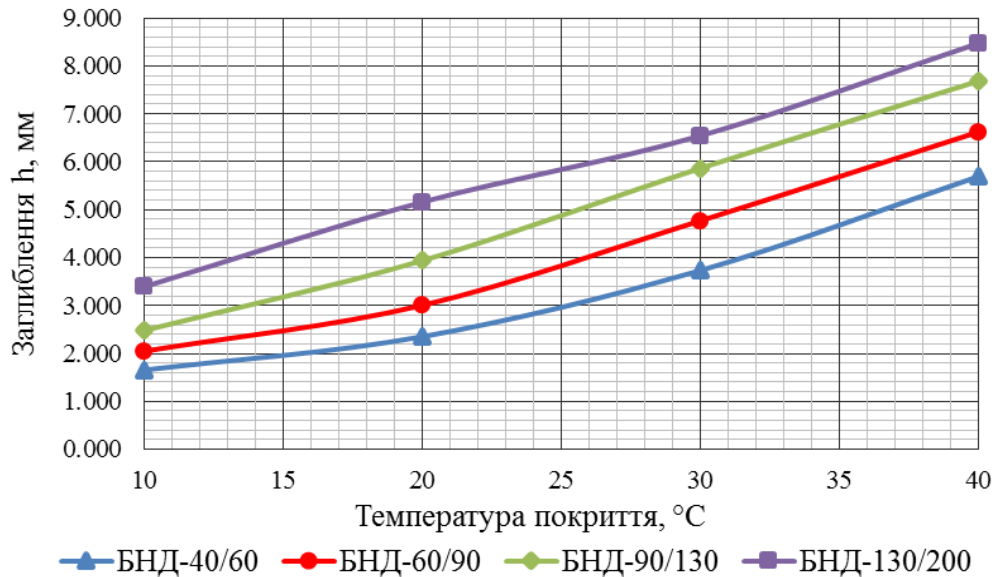


Рисунок 4 – Графік залежності заглиблення індентора від температури покриття (для щільного асфальтобетону)

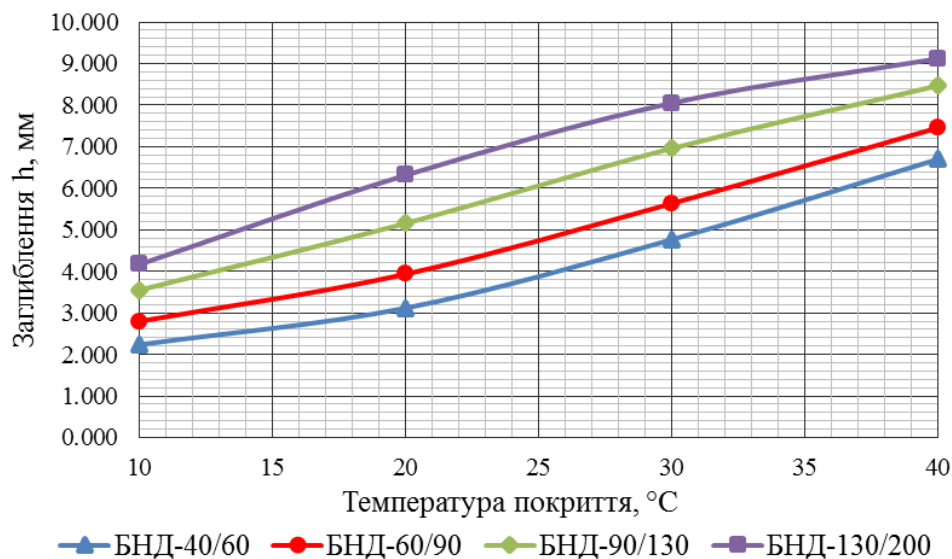


Рисунок 5 – Графік залежності заглиблення індентора від температури покриття (для пористого і високопористого асфальтобетону)

Тому, при виборі вимірювального обладнання для реєстрації величини заглиблення індентора необхідно звернути увагу на те, що діапазон вимірювань даного обладнання повинен знаходитись в межах від 1,0 до 15,0 мм.

Важливим параметром випробувального обладнання, що також потребує обґрунтування, є радіус індентора.

Скориставшись формулою (9) та змінюючи значення радіуса індентора в діапазоні від 10 до 150 мм, отримаємо графіки залежностей заглиблення

індентора від радіуса для щільних (рис. 6) та пористих і високопористих (рис. 7) асфальтобетонів.

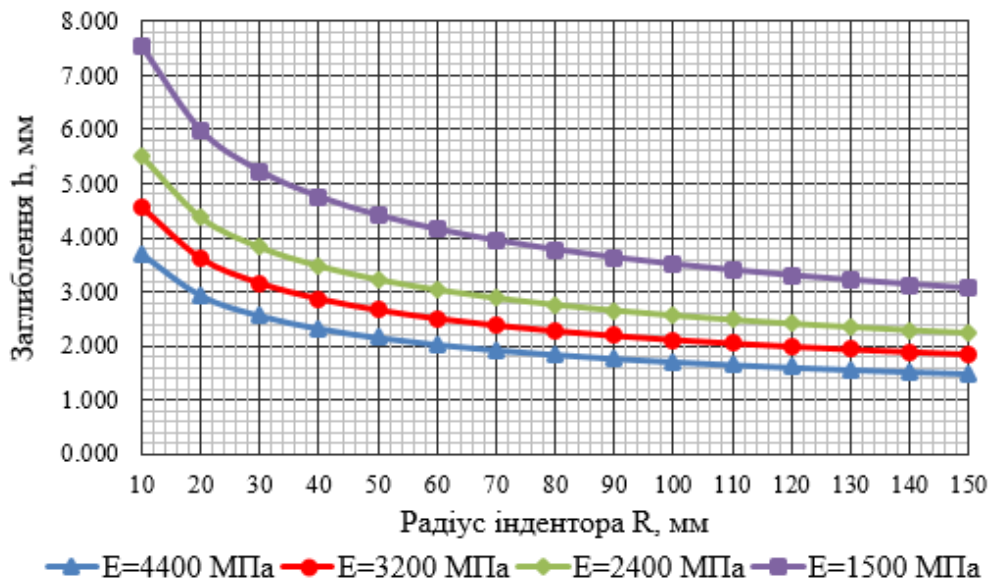


Рисунок 6 – Графік залежності заглиблення індентора від радіуса (для щільного асфальтобетону)

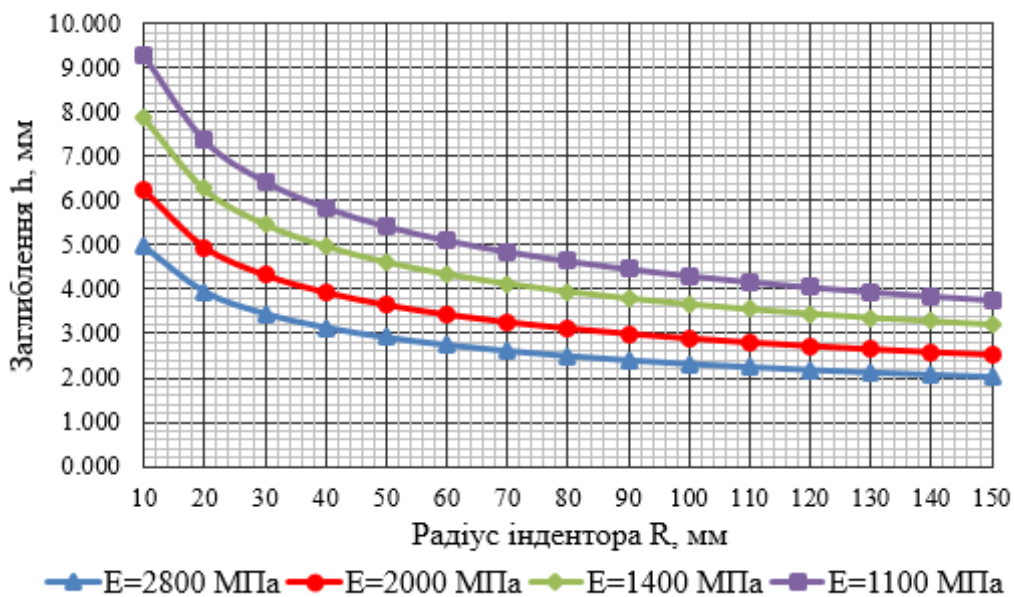


Рисунок 7 – Графік залежності заглиблення індентора від радіуса (для пористого і високопористого асфальтобетону)

З отриманих графіків слідує, що у випадку, коли радіус індентора знаходиться в межах від 10 до 70 мм, величина заглиблення може досить сильно змінюватись.

В той же час, як показали експериментальні дослідження, при використанні інденторів малих радіусів результати випробувань можуть виявитись хибними (рис. 8).



Рисунок 8 – Лунки, що утворились на покритті, після серії ударних навантажень індентором $R = 42$ мм

Це пояснюється тим, що в місці контакту індентора з асфальтобетонним покриттям замість накопичення залишкових пластичних деформацій відбувається руйнування окремих щебінок.

Тому при оцінюванні колієстійкості дорожніх конструкцій доцільно використовувати індентори радіусом від 70 до 150 мм.

Висновки

1. На основі аналізу основних положень механіки контактної взаємодії тіл, встановлено доцільність застосування формул Герца в якості першого наближення до теоретичного обґрунтування параметрів випробувального обладнання для створення навантаження при оцінюванні колієстійкості дорожніх конструкцій.

2. Теоретично обґрунтовано, що при проведенні випробувань дорожніх конструкцій на колієстійкість величина тестового навантаження повинна складати від 8 до 15 тс, при радіусі сферичного індентора від 70 до 150 мм. При цьому обладнання для реєстрації величини заглиблення індентора повинно мати діапазон вимірювань від 1,0 до 15,0 мм.

3. Результати експериментальних досліджень колієстійкості дорожніх конструкцій з використанням обладнання із схожими параметрами [1 – 3] підтвердили доцільність застосування його на практиці.

Література

1. Шуляк І. С. Контроль стійкості дорожніх одягів до колієутворення / І. С. Шуляк // Тези XII Міжнар. конф. «Контроль і управління в складних системах» (14–17.10.2014). – Вінниця : ВНТУ, 2014. – С. 73.
2. Шуляк І.С. Спосіб оцінювання колієстійкості дорожніх конструкцій / Д.О. Павлюк, І.С. Шуляк // Збірник наукових праць. Серія: галузеве машинобудування, будівництво. – Полтава : ПНТУ, 2016. – Вип. 2 (47). – С. 246 – 257.
3. Шуляк І.С. Удосконалення способу оцінки колієстійкості нежорстких дорожніх одягів / І.С. Шуляк // Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. «Сучасні геоінформаційні та комп'ютерно-інноваційні технології дорожньої галузі, аеродромного будівництва та землеустрою» (26–27.05.2016). – Харків : ХНАДУ, 2016. – С. 61 – 64.
4. Пановко Я. Г. Введение в теорию механического удара / Я.Г. Пановко. – М. : Наука, 1977. – 224 с.
5. Трение, изнашивание и смазка. Справочник. В 2-х кн. Кн. 1. Под ред. И.В. Крагельского и В.В. Алисына. – М. : Машиностроение, 1979. – 358 с.
6. Зегжда С.А. Соударение упругих тел / С.А. Зегжда. – СПб. : СПбГУ, 1997. – 316 с.
7. Тимошенко С.П. Теория упругости / С.П. Тимошенко, Дж. Гудьер. – М. : Наука, 1975. – 567 с.
8. Кильчевский Н.А. Теория соударения твёрдых тел / Н.А. Кильчевский. – К. : Наукова думка, 1969. – 245 с.
9. Джонсон К. Механика контактного взаимодействия / К. Джонсон. – М. : Мир, 1989. – 510 с.
10. Лашков В.А. Изменение шероховатости поверхности под воздействием облака твердых частиц / В.А. Лашков, С.К. Матвеев // Вестник Санкт-Петербургского университета. – СПб. : СПбГУ, 2009. – Сер. 1, Вып. 1. – С. 76 – 82.
11. Finnie I. On the formation of surface ripples during erosion / I. Finnie, Y.H. Kabil // Wear. – France : Elsevier Science Publishing Company, 1965. – Vol. 8, Issue 1. – P. 60 – 69.
12. Гетерогенные технологии: проблемы взаимодействия частиц с преградой / А.П. Алхимов, С.В. Клинков, В.Ф. Косарев, Д.С. Михатулин, Ю.В. Полежаев // Теплофизика и аэромеханика. – Новосибирск : Изд-во Сибирского отделения РАН, 2005. – Т. 12, № 3. – С. 415 – 431.
13. Максименко А.А. Динамическая модель упругопластического контактного взаимодействия гладких тел / А.А. Максименко, Н.В. Котенева // Известия Томского политехнического университета. – Томск. : ТПУ, 2007. – Т. 310, № 2. – С. 64 – 66.
14. Лашков В.А. Коэффициент восстановления скорости при ударе под углом / В.А. Лашков // Вестник Санкт-Петербургского университета. – СПб. : СПбГУ, 2010. – Сер. 1, Вып. 2. – С. 31 – 38.
15. Витман Ф.Ф. Влияние скорости деформирования на сопротивление деформированию металлов при скоростях удара $10^2 - 10^3$ м/с / Ф.Ф. Витман, В.А. Степанов // Некоторые проблемы прочности твердого тела. – М. : Изд-во Академии наук СССР, 1959. – С. 207 – 221.
16. Витман Ф.Ф. О процессе соударения деформируемых тел и его моделировании / Ф.Ф. Витман, Н.А. Златин // Журнал технической физики. – М. : Наука, 1963. – Т. 33, № 8. – С. 982 – 989.
17. Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу: ВБН В.2.3–218–186–2004. – [Чинний від 2005-01-01]. – К. : Укравтодор, 2004. – 176 с.

Рецензенти:

Кизима С.С., канд. техн. наук, Національний транспортний університет.

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

Reviewers:

Kyzyma S.S., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), National Transport University.

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

Стаття надійшла до редакції: **20.01.2017 р.**

ЕКОНОМІКА ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА, ТЕХНІЧНА ЕКСПЕРТИЗА ТА ОЦІНКА МАЙНА

УДК 332.6 : 69.003

Козарчук І.А., канд. техн. наук

ДЕРЖАВНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ЦІН У СФЕРІ БУДІВНИЦТВА НЕРУХОМОСТІ

Анотація. У статті показані можливі методи державного впливу на ціну, які спрямовані, перш за все, на усунення або послаблення недоліків ринкової економіки. Особлива увага приділена державному регулюванню цін в галузі будівництва нерухомості в Україні. Наведено приклад впливу такої політики на остаточну вартість житлової нерухомості. Проаналізовано закордонний досвід державного регулювання цін. Зроблено висновки про доцільність такого регулювання, насамперед в часи економічної нестабільності.

Ключові слова: будівництво, державне регулювання цін, оцінка майна, нерухомість, ціноутворення.

УДК 332.6 : 69.003

Козарчук И.А., канд. техн. наук

ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ЦЕН В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА НЕДВИЖИМОСТИ

Аннотация. В статье показаны возможные методы государственного влияния на цену, направленных, прежде всего, на устранение или ослабление недостатков рыночной экономики. Особое внимание уделено государственному регулированию цен в области строительства недвижимости в Украине. Приведен пример влияния такой политики на окончательную стоимость жилой недвижимости. Проанализированы зарубежный опыт государственного

регулювання цін. Сделаны выводы о целесообразности такого регулирования, прежде всего во времена экономической нестабильности.

Ключевые слова: строительство, государственное регулирование цен, оценка имущества, недвижимость, ценообразование.

UDC 332.6 : 69.003

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

STATE REGULATION OF PRICES IN THE AREA REAL ESTATE CONSTRUCTION

Abstract. The article shows the possible methods of state influence on the price, aimed primarily at eliminating or weakening of market economy failures. Particular attention is paid to the state price regulation in the field of real estate building in Ukraine. An example of the impact of such policies on the final cost of residential real estate is adduced. Foreign experience of state regulation of prices is analyzed. The conclusions about the advisability of such regulation, especially in times of economic instability, are made.

Keywords: construction, the state regulation of prices, property valuation, real estate, pricing.

Постановка проблеми

Характерною ознакою ринкової економіки є вільні відносини між суб'єктами господарювання та вільне ціноутворення. Однак для забезпечення стабільного, безкризового розвитку економіки держава має здійснювати певні функції у сфері ціноутворення щодо регулювання окремих видів цін. Впливаючи на ціни, держава намагається зменшити циклічні коливання процесів виробництва та реалізації, а також перерозподілити фінансові ресурси між галузями та підприємствами. Загалом такий вплив має антикризовий характер.

Однак державний вплив на ціни здійснюється не лише через систему ціноутворення, а й шляхом регулювання ставок оподаткування, відсоткових ставок за кредити, розмірів орендної плати, зменшення окремих витрат

підприємства тощо. Це в свою чергу може опосередковано впливати на процес оцінки нерухомого майна.

Вивчення механізмів впливу держави на ціни є актуальною проблемою в сучасних економічних реаліях. Такий аналіз дозволить в перспективі виявити можливі вразливі місця системи регулювання цін і шляхи їх усунення.

Аналіз досліджень і публікацій. Дослідженнями даної проблематики займалися автори Бабур Л.Г. [1], Емрет П. [3], Курзанова Л.Ю. [5], Рижмань Д.І. [6], Шкварчук Л.О. [7] та інші. У своїх роботах вони приділяли увагу нормативній базі та методам здійснення державного регулювання цін в Україні та інших державах з розвинутою ефективною економікою.

Мета статті – дослідження основних принципів і методів державного регулювання цін у сфері будівництва нерухомості.

Основна частина дослідження. Держава вирішує три основних економічних завдання [5]: сприяє підвищенню ефективності господарювання, забезпечення справедливості і макроекономічної стабільності та забезпечення економічного зростання.

Отже, *державне регулювання цін* являє собою процес нормативно-правового регламентування умов формування рівня цін з метою ефективного впливу на економічний і соціальний розвиток країни.

Основними *задачами* державного регулювання цін є [1, 4]:

- реалізація стратегії економічного та соціального розвитку країни;
- створення рівних економічних умов розвитку суб'єктів різних форм власності та організаційно-правових форм функціонування;
- збалансування ринку засобів виробництва, товарів та послуг;
- протидія монопольним тенденціям ціноутворення виробників продукції на окремих видах її ринків і таким чином стримування інфляційного підвищення цін;
- створення об'єктивних співвідношень в цінах на промислову та сільськогосподарську продукцію, які забезпечать еквівалентність обміну;
- розширення сфери застосування вільних цін;
- підвищення якості продукції;
- створення необхідних економічних гарантій для виробників;

- створення соціальних гарантій окремим верствам населення, в першу чергу для низькооплачуваних та малозабезпечених громадян, включаючи систему компенсаційних виплат у зв'язку із зростання цін і тарифів;
- орієнтація системи цін внутрішнього ринку на рівень світових цін.

Методи, за якими здійснюється державне регулювання цін в Україні, поділяються на прямі (встановлення певних правил ціноутворення) та непрямі (через механізм економічного впливу на виробничу та комерційну діяльність підприємства).

Суть **прямих** методів така. В умовах ринкової економіки підприємство-виробник самостійно встановлює ціни на свої вироби, однак при цьому воно має врахувати чинні в державі законодавчі та нормативні акти.

У період інфляції держава втручається в діяльність підприємств, регулюючи ціни на найважливіші товари та послуги для населення, вживаючи антимонопольних заходів, намагається зменшити соціальне напруження в суспільстві.

В групі прямих (адміністративних) методів державного регулювання цін найбільше розповсюдження на сучасному етапі отримали такі методи [4]:

- встановлення фіксованих цін (тарифів) на продукцію;
- встановлення регульованих цін на продукцію (встановлення верхньої або нижньої границі рівня цін);
- встановлення граничного рівня рентабельності (використовується з надприбутками окремих монопольних утворень або для зниження рівня цін на окремі соціально значимі види продукції);
- запровадження обов'язкового декларування зміни цін (застосовується щодо продукції монопольних утворень).

Непрямі (економічні) методи передбачають зміну кон'юнктури, встановлення оптимального співвідношення між попитом і пропозицією. Вони здійснюються в різних формах – від державних замовлень до регулювання витрат підприємств через встановлення норм і нормативів. Ці методи не мають безпосередньої дії, але сприяють уповільненню підвищення цін у масштабах економіки.

До них належать наступні методи:

- насичення ринку споживчими товарами. Держава, закупаючи дефіцитні товари, сприяє насиченості ринку, а це зумовлює зниження цін на ці товари;
- податкове регулювання рівня цін. Цей метод становить основу державного економічного цінового регулювання;
- митне регулювання рівня цін. Продукція, що завозиться на територію країни або вивозиться з неї, підлягає обкладенню за єдиними митними тарифами, що диференціюються за видами продукції, групами країн тощо;
- валютне регулювання цін. Формування та застосування суб'єктами підприємництва вільних цін на території України здійснюється виключно в національній грошовій одиниці. Обґрунтованим вважається врахування витрат в доларовому еквіваленті в процесі формування ціни лише в частині імпоротної складової в її структурі окремих видів продукції. Визначена імпортна складова ціна перераховується в національну грошову одиницю за курсом Національного банку України на відповідну дату. Решта матеріальної складової, що не залежить від імпорту, може змінюватися лише відповідно до індексів оптових цін та цін на відповідну продукцію;
- регулювання рівня окремих видів витрат виробництва (обігу) в процесі формування цін. Наприклад, встановлення державою правових норм щодо порядку та форм амортизації основних засобів і нематеріальних активів підприємств;
- державна інвестиційна політика. Передбачає формування таких умов, які б сприяли нормальному інвестиційному клімату;
- надання податкових пільг. Виробникам товарів, у виготовленні яких держава зацікавлена або вважає збільшити обсяг їх реалізації, встановлюються різні пільги або пільгові ставки оподаткування;
- система кредитування підприємств;
- державне замовлення. Держава укладає з окремими виробниками угоди, згідно з якими зобов'язується купити у виробника продукцію за певною ціною у певні строки.

Політика державного регулювання цін суттєво залежить від стану економічного розвитку країни. В періоди кризового розвитку економіки, коли держава спрямовує свої зусилля на подолання інфляції, структурну перебудову

галузей, боротьбу з монополізмом, стимулювання попиту або пропозиції на товарному ринку, ступінь цінового регулювання держави посилюється. І навпаки – при збалансованому динамічному розвитку економіки ступінь цінового регулювання з боку держави слабшає і значно підвищується частка товарів, на які встановлюються вільні ринкові ціни.

Основні принципи встановлення та застосування цін на товари і тарифів на послуги, а також організація контролю за їх додержанням на території України визначаються Законом України «Про ціни і ціноутворення» [4] та іншими законодавчими і нормативними документами. Дія цього закону поширюється на всі підприємства і організації незалежно від форм власності та підпорядкованості. Згідно з цим законом в народному господарстві України використовуються вільні, державні фіксовані і державні регульовані ціни і тарифи, а також контрактні (зовнішньоторговельні) ціни.

Повноваження органів державного регулювання цін в Україні.

Відповідно до статті 13 [4] державне регулювання цін здійснюється Кабінетом Міністрів України, органами виконавчої влади, державними колегіальними органами та органами місцевого самоврядування відповідно до їх повноважень.

Кабінет Міністрів України забезпечує [4]:

- здійснення державної політики цін;
- визначення переліку продукції, товарів та послуг, державні фіксовані та регульовані ціни та тарифи на які затверджуються відповідними органами державного управління;
- визначення повноважень органів державного управління в галузі встановлення і застосування цін (товарів), а також контролю за цінами.

Також Кабінет Міністрів України за погодженням з Верховною Радою України встановлює ціни і тарифи на житлово-комунальні послуги (у тому числі на електроенергію та природний газ для комунально-побутових потреб населення України), послуги громадського транспорту та зв'язку.

Тарифи на певні послуги встановлюються відповідними міністерствами України. Так, наприклад, одним з напрямків діяльності Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України є ціноутворення, експертиза та розвиток будівельної діяльності. Сфера ціноутворення включає в себе такі основні положення:

- показники опосередкованої вартості спорудження житла;

- ціни на матеріальні ресурси, що застосовуються при виконанні дорожніх робіт на автомобільних дорогах загального користування;
- індекси зміни вартості будівельних робіт;
- схвалення основних прогнозних макропоказників економічного і соціального розвитку України;
- порядок розрахунку розміру кошторисної заробітної плати, який враховується при визначенні вартості будівництва об'єктів;
- ціни на основні будівельні матеріали, вироби та конструкції та ін.

Деякі з цих положень мають довідковий характер і можуть слугувати замовнику та підряднику орієнтиром при визначенні вартості будівництва на стадіях складання інвесторської кошторисної документації та договірної ціни у випадках відсутності даних щодо цін на окремі матеріали. Інші ж призначені для встановлення єдиного механізму розрахунку вартості будівництва.

Державний контроль за цінами здійснюється у сфері дії державних фіксованих і регульованих цін та тарифів. У сфері дії вільних цін контролюються правомірність їх застосування та додержання вимог антимонопольного законодавства. В Україні цей контроль здійснюється Державною інспекцією України з питань захисту прав споживачів та Державною службою статистики.

За порушення державної дисципліни цін встановлюється відповідальність, яка визначається відповідно до Інструкції про порядок застосування економічних та фінансових санкцій органами державного контролю за цінами. Дія цієї Інструкції поширюється на всі підприємства, організації та установи незалежно від форм власності, підпорядкованості і методів організації праці та виробництва, розташовані в Україні [1].

Державне регулювання цін у будівництві. Для будівельної галузі, яка більш, ніж інші, чутлива до катаклізмів в економіці, негайного вирішення потребує проблема економічно обґрунтованого та соціально прийнятного встановлення цін. Політика ціноутворення та кошторисного нормування в будівництві повинна стати складовою частиною загальної цінової політики держави та органічно вписуватися в її загальну економічну стратегію та тактику. Втручання держави у процес ціноутворення в будівельній галузі тим більш доречне, оскільки основні суб'єкти господарювання у будівництві мають

або можуть мати змогу здійснювати контроль (повний або частковий) над цінами.

Для уникнення або зменшення негативних наслідків функціонування таких ринків держава запроваджує відповідне регулювання цін, основні засади якого закладені в діючому законодавстві [4], що можна представити наступною схемою (рис. 1).

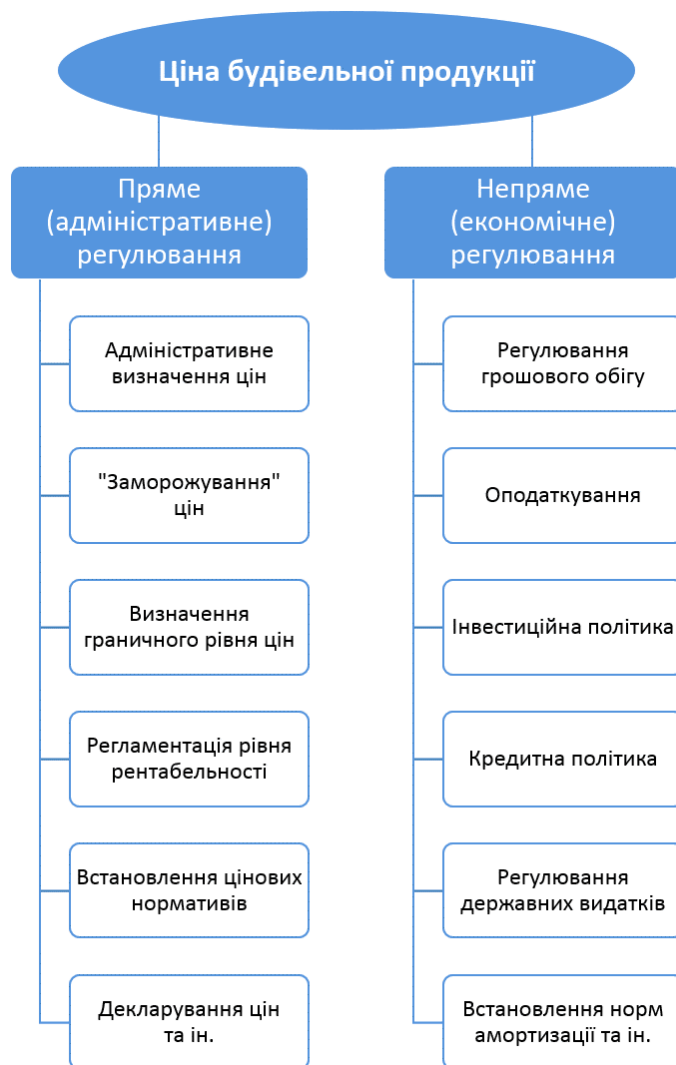


Рисунок 1 – Державне регулювання цін

Як впливає з вищезазначеного, регулювати, перш за все, доводиться, з одного боку, витрати, а з іншого – максимальну ціну.

До цього часу собівартість будівельної продукції визначалася на основі кошторисних нормативів. Раніше дані нормативи слугували основою для ціноутворення, а оскільки держава всіляко дотувала виробників, то і ціни, і нормативи, на основі яких вони були розраховані, залишилися стабільними протягом багатьох років. Але з переходом на ринкові засади стабільність

нормативів виявилася негативним чинником. Як вихід з положення була запропонована дворівнева система ціноутворення, за якою прямим розрахунком визначалися лише базисна собівартість (30% від загальної вартості будівництва), а все інше додавалось у вигляді підвищуючих усереднених коефіцієнтів та відповідних надбавок на ринкові умови господарювання.

Оскільки ринкове середовище стохастичне, а отже й значною мірою непередбачуване, то зазначена система призвела до спотворення вартості будівництва та окремих її складових.

Для виправлення становища Держбуд України рекомендував будівельним організаціям усіх форм власності перейти на однорівневу систему ціноутворення (ДСТУ Б Д.1.1-1:2000).

01.01.2014 року були введені в дію нові Правила визначення вартості будівництва ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 [2]. Нові будівельні правила носять обов'язковий характер при визначенні вартості об'єктів, будівництво яких здійснюється із залученням коштів державного бюджету, місцевих бюджетів, а також коштів державних підприємств, установ та організацій. По об'єктах, будівництво яких здійснюється за рахунок інших джерел фінансування, дані правила носять рекомендаційний характер та їх використання обумовлюється контрактом.

Нинішня, однорівнева система ціноутворення в будівництві базується на нормативно-розрахункових показниках і поточних цінах на трудові та матеріально-технічні ресурси. Особливістю однорівневої системи можна назвати регулювання цін через встановлення норми прибутку, яка спирається на кошторисну трудомісткість будівництва, а не на встановлений відсоток до собівартості.

Пропорційна залежність прибутку від собівартості будівельної продукції призводила до того, що будівельні організації були не зацікавлені в зниженні витрат, а навпаки, у збільшенні витрат на виробництво. Отже, теперішній підхід зменшить вплив затратного механізму на ціноутворення і позитивно впливатиме на ефективність виробництва.

Формування договірних цін на виконання підрядних робіт здійснюється на підставі:

- Правил визначення вартості будівництва (ДСТУ Б Д.1.1-1:2013);

- Ресурсних елементних кошторисних норм на будівельні роботи (ДСТУ Б Д.2.2:99);
- Ресурсних елементних кошторисних норм на ремонтно-будівельні роботи (ДБН Д.2.4:2000);
- Ресурсних кошторисних норм експлуатації будівельних машин і механізмів (ДСТУ Б Д.2.7-1:2012).

Системою державного регулювання цін на будівельну продукцію забезпечуються два рівні регулювання. Перший рівень – Мінрегіонбуд України, другий – проведення торгів.

Проведення торгів (конкурсів) являє собою економічну оптимізацію вартості будівельної продукції шляхом змагального представлення ofert (підрядників) з точки зору їх відповідності критеріям, що визначаються кошторисною документацією інвестора.

Оферта кожного учасника торгів висловлює наміри, в тому числі стосовно форми взаєморозрахунків, методу і кошторисно-нормативної бази формування інвесторської вартості будівельно-монтажних робіт (БМР), переліку і норм лімітованих витрат в складі кошторисної вартості БМР підрядника і норм витрат в складі договірної ціни [5].

Отже, певну роботу в галузі ціноутворення проводять відомчі органи, в будівництві – Держбуд України, який установлюючи ціну будівництва погоджує свої рішення з Міністерством економіки, Міністерством фінансів, Державним службою статистики, будівельними корпораціями, Академією будівництва.

Здійснення державної цінової політики неможливе без ефективного контролю за додержанням дисципліни цін. Так, незалежно від виду договірної ціни та способів взаєморозрахунків, якщо було виявлено порушення чинного порядку визначення вартості будівництва, що здійснюються із залученням коштів державного бюджету України, місцевих бюджетів, то вся необґрунтовано одержана будівельною організацією сума виручки підлягає вилученню в дохід відповідного бюджету.

Закордонний досвід державного регулювання цін. Вивчення досвіду ціноутворення зарубіжних країн дає змогу зрозуміти його закономірності і тенденції, використати отримані знання при реформуванні та вдосконаленні цінового механізму в Україні.

Застосування ефективних методів управління ринковими відносинами, запровадження до господарського механізму державних регуляторів у багатьох зарубіжних країнах сприяли досягненню позитивних результатів у розвитку економіки. У ряді країн створена правова основа державного регулювання цін у вигляді виданих законів, наказів, постанов. Систематично виходить друком статистична інформація про ціни, їх рівень та динаміку, яка використовується при регулюванні рівня цін та індексів доходів населення.

Одним із найважливіших завдань держави є забезпечення такого співвідношення монополії і конкуренції, яке не призводить до руйнівних наслідків в економіці. Це завдання вирішується за допомогою антимонопольного законодавства, вперше прийнятого в США в кінці XIX століття.

Антимонопольними вважаються закони, що забороняють угоди і дії, спрямовані на обмеження конкуренції: поділ ринку, вертикальне чи горизонтальне фіксування цін, дискримінацію в торгівлі і т.д.

Крім прийняття стратегічних і тактичних рішень державні органи беруть на себе функцію введення конкретних цін на товари і послуги, що мають для національної економіки вирішальне значення. Поряд з прямим встановленням і регулюванням цін державні органи також здійснюють контроль за ними. Сфера ціноутворення, що контролюється державою, складає від 10 до 30% від загального обсягу виготовленої продукції.

Розглянемо особливості цінового регулювання в деяких країнах світу.

США. Американська адміністрація, обмежуючи державне фінансування і пряме регулювання цін в окремих товарних групах, надає перевагу активному використанню ринкових важелів і методів непрямого регулювання, що сприяють загальному оздоровленню економічного стану в країні. В цілому такий підхід справив стабілізуючий вплив на інфляційні процеси. Основні напрямки непрямого регулювання цін у США наступні:

- деструктивна кредитно-грошова політика, регулювання облікової ставки федеральних резервних банків;
- федеральні закупівлі товарів і послуг;
- податкова політика.

Пряме державне регулювання цін нині використовується лише у високо монополізованих галузях, що підпадають під юрисдикцію антитрестівського регулювання. Так, спеціальні комісії встановлюють тарифи на користування електроенергією і деякі комунікаційні послуги.

В межах федеральних сільськогосподарських програм фермери отримують від міністерства сільського господарства США позики. Якщо ринкові ціни опускаються нижче рівня контрольних цін, встановлених конгресом, фермер може здати урожай державі за контрольними цінами.

Всього в США державою регулюється від 5 до 10% цін.

За оцінками Національної асоціації будівельників житла (NAB) станом на 2016 рік, в середньому, норми і правила, введені урядом США на всіх рівнях, становлять 24,3% від кінцевої ціни нового будинку для однієї сім'ї, побудованого для продажу [3]. З них три п'ятих – тобто 14,6% – утворюються через вищу ціну на «готову» ділянку, яка формується внаслідок застосування цих правил під час інженерної підготовки ділянки під забудову. Решта дві п'ятих – 9,7% від ціни будинку – є результатом витрат забудовника після покупки «готової» ділянки (рис. 2). Під «готовою» ділянкою зазвичай маються на увазі фізичні та юридичні умови, за яких дане майно є придатним для видачі будівельних дозволів.

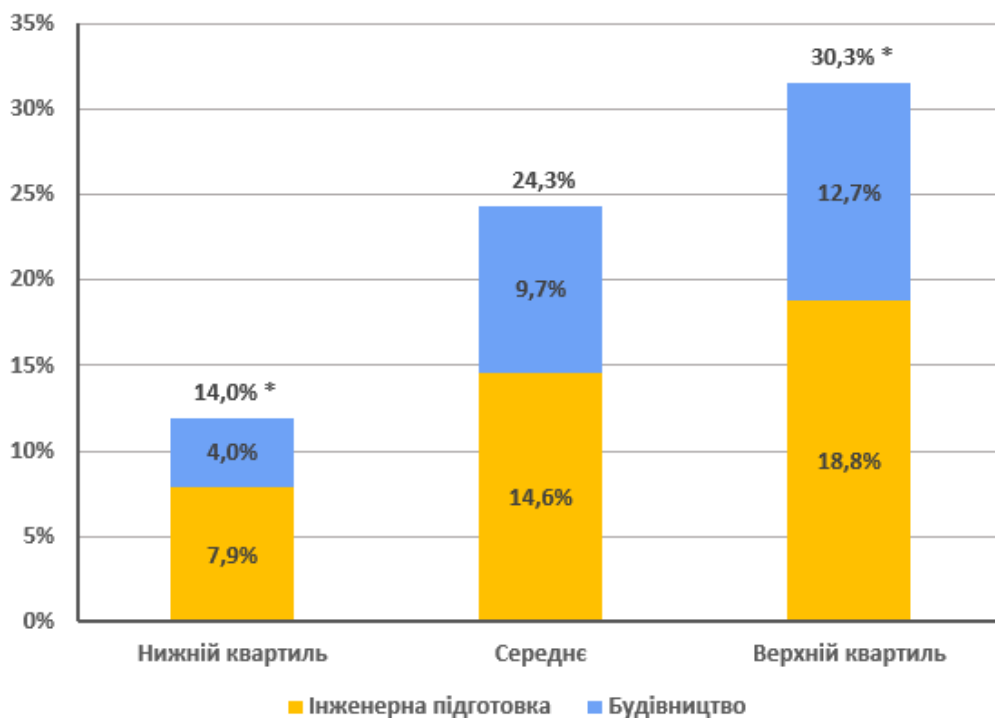


Рисунок 2 – Регулятивні витрати як частина вартості житла (* для квартилів витрати на інженерні вишукування і будівництво не становлять загальну суму). Джерело: NAB

Франція. Державний сектор в економіці Франції має невелику частку у ВВП і включає галузі-монополісти (наприклад, газова, електроенергетика, транспорт), а також деякі галузі, що працюють у режимі ринкової конкуренції

(наприклад, Національний і комерційні банки, страхові компанії та окремі фірми).

У першому випадку держава встановлює всі економічні параметри діяльності галузей-монополістів, у тому числі обсяг інвестицій, оплату праці і ціни на готову продукцію, в другому – здійснює мінімальний вплив на економічні параметри господарської діяльності цих галузей, стимулюючи їх до конкуренції з приватним сектором.

У Франції близько 20% цін регулюється державою.

Данія. Система ціноутворення в цій країні формується в основному під впливом ринкових факторів. Державний вплив на ціноутворення дуже обмежений і полягає переважно у створенні максимально сприятливих умов для вільної конкуренції приватних виробників, які самостійно встановлюють ціни на свою продукцію.

Гнучке застосування системи споживчих податків дає змогу уряду впливати на рівень цін на ті чи інші товари і здійснювати вплив на споживання в потрібному напрямку (наприклад, обмежити вживання спиртних напоїв тощо).

Ціни і тарифи в державному секторі, масштаби якого невеликі, визначаються Фолькетингом і міською владою. Питома вага цін, що встановлюється чи регулюється, становить 6%.

Швеція. В цій державі нагляд і контроль за цінами здійснює спеціальний орган – Державне управління цін і конкуренції. Кардинальні рішення з питань державного регулювання цін, конкуренції і доходів приймаються тільки парламентом – Риксдагом.

Закон про регулювання цін дає право вживати заходи прямого впливу на ціни (заморожування) у випадку війни чи можливості її виникнення, або при загрозі загального підвищення цін. Законом передбачена також можливість для держави встановлювати максимальний рівень цін на окремі товари, вводити порядок, при якому підвищення цін припускається лише після надання попереднього повідомлення про це і обґрунтування розміру підвищення цін.

Вплив на рівень цін здійснюється через державну монополію і державні підприємства. Значний вплив на ціни справляють державний енергетичний концерн і шведські залізничні дороги. Крім того, держава жорстко регулює закупівельні ціни на такі важливі види сільськогосподарської продукції, як зерно, молоко, м'ясо, яйця та ін.

Особлива сфера ціноутворення – ціни на житло. З врахуванням їх високого рівня держава видає населенню житлові субсидії і позики.

Слід зазначити, що в Швеції є обмеження частки зарплати, яку компанії мають переносити на ціни (останніми роками від 10 до 65%).

Фінляндія. В політиці ціноутворення державі належать важливі функції. Міністерство торгівлі здійснює планування і контроль за цінами на продукти харчування, зерно, енергоносії. Значною є роль державного сектора в кредитуванні підприємництва, орієнтованого на реалізацію товарів і послуг за цінами, доступними для середніх та малозабезпечених верств населення. Фірми, що продають товари за низькими цінами, отримують від держави кредит під низькі відсотки. У соціально орієнтованій ринковій економіці Фінляндії через ціни податкове регулювання забезпечує проведення ряду заходів, спрямованих на підвищення життєвого рівня населення.

Практично всі національні програми розвитку важливих галузей економіки Фінляндії ґрунтуються на планово-розрахунковому ціноутворенні, оскільки ринкове ціноутворення ефективно регулює лише поточні потреби суспільства.

Японія. У цій країні заборонено встановлювати несправедливі як монополю великі, так і монополю низькі ціни, які мають на меті «вибити» конкурента з ринку. Введені обмежувальні заходи щодо одночасного підвищення цін. Вони поширюється на галузі, де обсяг виробництва перевищує 30 млрд. єн. Якщо в таких галузях більше двох фірм протягом трьох місяців підняли ціну приблизно на одну і ту ж саму величину, то Комісія зі справедливих угод має право вимагати від них доповісти про причини такого підвищення і при необхідності розпочати розслідування.

В Японії існує особливий урядовий орган – Бюро цін при управлінні економічного планування. До його функцій входять контроль за дотриманням антимонопольного законодавства, відслідковування рівня і динаміки цін на товари, підтримання попиту на необхідному рівні, вивчення тенденції попиту і пропозиції. Держава регулює ціни на зернові і м'ясо-молочні продукти, залізничні тарифи, тарифи на тепло- і водопостачання, електроенергію і газ, освіту і медичне обслуговування. В цілому регулюється близько 20% споживчих цін [6, 7].

Висновки

Таким чином, державне регулювання цін у будівництві – це гнучка виважена система заходів впливу на процеси ціноутворення, яка спрямована на забезпечення рівних економічних умов і стимулів для розвитку всіх форм власності, економічної самостійності підприємств, збалансування ринку,

протидії монопольним тенденціям, підвищення якості будівельної продукції, створення необхідних економічних гарантій для будівельників, об'єктивних співвідношень у цінах на будівельну продукцію. Разом з тим, методи державної регуляторної політики можуть мати досить суттєвий вплив на вартість будівництва (часто в сторону її збільшення), і, як наслідок, на ціну житлової нерухомості.

У розвинених країнах з ринковою економікою здійснюється державне регулювання цін. При цьому регулювання цін направлене не на обмеження сфери дії ринкового механізму, а на підвищення його ефективності. За кордоном проводиться економічно обгрунтоване регулювання рівня цін, практикується фіксація цін, здійснюється контроль за ціноутворенням на внутрішньому ринку, існує державна монополія на виробництво і реалізацію окремих видів товарів і послуг, активно ведеться боротьба з проявами монополізму. Ці дії стосуються не лише галузей державного сектора, але і приватних підприємств, якщо держава вважає за доцільне проводити обмежувальну цінову політику з точки зору інтересів економіки країни в цілому.

Література

1. Бабур Л.Г. Ціни і ціноутворення. Навчальний посібник. / Л.Г Бабур, О.Г. Лялюк. – Вінниця : ВНТУ, 2004. – 119 с.
2. ДСТУ Б Д.1.1-1:2013. Правила визначення вартості будівництва // Мінрегіон України. – К, 2013. – 88 с.
3. Емрет П. Державне регулювання в ціні нового будинку / Спеціальне дослідження для Housing Economics. – 2016 – Режим доступу: <https://www.nahbclassic.org/generic.aspx?sectionID=734&genericContentID=250611&channelID=311>
4. Закон України «Про ціни і ціноутворення». – Відомості Верховної Ради (ВВР), 2013, № 19-20. – С. 190.
5. Курзанова Л.Ю. Государственное регулирование цен на строительную продукцию / Л.Ю. Курзанова // Актуальные вопросы экономических наук. – 2009. – № 5-3. – С. 203-208.
6. Рижмань Д.І. Ціноутворення: навч. посіб. / Д.І. Рижмань, Г.Я. Віннічук, І.М. Криворучко, В.М. Пилявець. – Київ : Аграрна освіта, 2011. – 312 с.
7. Шкварчук Л.О. Ціни і ціноутворення. Навчальний посібник. / Л.О Шкварчук. – Київ : Кондор, 2005. – 214 с.

Рецензенти:

Кірічек Ю. О., д-р. техн. наук, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури.
Яценко І. В., канд. екон. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Kirichek Yu.O., Dr. Tech. Sci., Prydniprovsk State Academy of Construction and Architecture.
Yatsenko I. V., Cand. Econ. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **21.12.2016 р.**

УДК 625.7/.8:332.6

Харченко А.М., канд. техн. наук, Тігарева О.О.

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВІДВЕДЕННЯ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК ПІД ОБ'ЄКТИ ТРАНСПОРТНОГО БУДІВНИЦТВА

Анотація. В статті розкриті питання та процедура відведення земельних ділянок під транспортне будівництво.

Об'єкт дослідження – земельні ділянки чи інші об'єкти нерухомого майна, що на них розміщені, які необхідно вилучити для суспільних потреб чи з мотивів суспільної необхідності.

Метою статті є аналіз теоретичних аспектів відведення земельних ділянок під об'єкти транспортного будівництва.

Методи дослідження – аналіз та теоретичне узагальнення відводу земельних ділянок під транспортне будівництво.

Проведене дослідження дозволило зробити висновок, що земельні ділянки та порядок примусового відчуження земельних ділянок з мотивів суспільної необхідності визначаються законодавством. Проте, процедура відчуження досить складна, недосконала і довготривала та потребує розробки сучасного спрощеного механізму щодо відведення земельних ділянок для будівництва автомобільних доріг та споруд на них.

Ключові слова: відчуження земельних ділянок, суспільні потреби, транспортне будівництво, приватна власність.

УДК 625.7/.8:332.6

Харченко А.М., канд. техн. наук, Титарева Е.А.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОТВОДА ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ПОД ОБЪЕКТЫ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Аннотация. В статье раскрыты вопросы и процедура отвода земельных участков под транспортное строительство.

Объект исследования - земельные участки или другие объекты недвижимого имущества, размещенные на них, которые необходимо изъять для общественных нужд или по мотивам общественной необходимости.

Целью статьи является анализ теоретических аспектов отвода земельных участков под объекты транспортного строительства.

Методы исследования - анализ и теоретическое обобщение отвода земельных участков под транспортное строительство.

Проведенное исследование позволило сделать вывод, что земельные участки и порядок принудительного отчуждения земельных участков по мотивам общественной необходимости определяются законодательством. Однако, процедура отчуждения достаточно сложная, несовершенна и долговременная и требует разработки современного упрощенного механизма по отводу земельных участков для строительства автомобильных дорог и сооружений на них.

Ключевые слова: отчуждение земельных участков, общественные потребности, транспортное строительство, частная собственность.

UDC 625.7/.8:332.6

Kharchenko A.M., Cand. tech. Sciences, **Titareva O.O.**

THEORETICAL ASPECTS OF LAND ALLOCATION FOR OBJECTS OF TRANSPORT CONSTRUCTION

Abstract. The article revealed issues and the procedure for allocation of land under transport construction.

Object of study - land or other real property that must be removed for public purposes or for reasons of social necessity.

The article aims to analyze the theoretical aspects of allocation of land under transport construction.

Methods of research - analysis and theoretical generalization allotment of land under transport construction.

The study led to the conclusion that the land and the procedure for compulsory acquisition of land for reasons of social necessity determined by law. However, the

exclusion procedure is quite complicated, flawed and needs and long-term development of the modern simplified mechanism for land allocation for construction of highways and structures.

Keywords: land alienation, social needs, transportat construction, private property.

Постановка проблеми

Будівництво автомобільних доріг та інших об'єктів транспортної інфраструктури вимагає обов'язкового узгодження документації щодо відведення земельних ділянок. Так, наприклад, для цілей будівництва та подальшого експлуатаційного утримання автомобільної дороги земельні ділянки, що розташовані в межах запланованої території, мають бути передані в державну та комунальну власність, при цьому право приватної власності фізичних та юридичних осіб на такі земельні ділянки має бути припинене.

Згідно з Конституцією України, право власності є непорушним. Жодна людина не може бути позбавлена права власності, крім випадків, встановлених законом [1]. Законодавство України передбачає можливість відчуження із приватної власності земельних ділянок та інших об'єктів нерухомого майна, що на них розміщені, для задоволення суспільних потреб як виключний захід державного втручання у непорушність відносин власності у разі неможливості досягнення суспільно корисного ефекту іншим чином. Регулювання відносин із відчуження земельних ділянок здійснюється на основі Конституції України, Цивільного та Земельного Кодексів, Закону «Про відчуження земельних ділянок, інших об'єктів нерухомого майна, що на них розміщені, які перебувають у приватній власності, для суспільних потреб чи з мотивів суспільної необхідності» [1-4]. Крім того, статтею 351 Цивільного Кодексу України закріплені загальні засади припинення права власності на нерухоме майно, розміщене на земельній ділянці, що підлягає викупу чи відчуженню для суспільних потреб чи з мотивів суспільної необхідності. Проте, існуючий механізм відчуження майна з приватної у державну та комунальну власність складний, довготривалий і має ряд недоліків, що породжує актуальність дослідження даної проблематики.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Правовий аспект регулювання відносин із відчуження земельних ділянок для суспільних потреб було розглянуто в роботах О.А Вівчаренка, К.П.

Пейчева, А.Ф. Черногуза, М.В. Шульги. Процес відчуження земельних ділянок для суспільних потреб досліджували Н.В. Ільків та О.В. Ільницький. Проблеми відчуження земельних ділянок для суспільних потреб в сучасних умовах розбудови української держави породжують необхідність їх подальшого дослідження.

Метою статті є аналіз теоретичних аспектів відведення земельних ділянок під об'єкти транспортного будівництва.

Виклад основного матеріалу

Відведення землі під будівництво об'єктів транспортної інфраструктури пов'язане як з припиненням права власності на земельні ділянки приватних осіб так і з припиненням права користування земельними ділянками.

Стаття 14 Конституції України закріплює норми про те, що право власності на землю гарантується [1]. Відповідно до ст. 378 Цивільного кодексу України (далі – ЦК України) право власності на земельні ділянки може бути припинене за рішенням суду у випадках, встановлених законом [2]. Проте, Земельний кодекс України (далі – ЗК України) передбачає й інші механізми припинення права власності на землю [3]. Зокрема, це добровільна відмова власника від права на земельну ділянку, відчуження земельної ділянки за рішенням власника та інші. У Земельному кодексі передбачаються і судові механізми припинення права власності на землю, зокрема, й відчуження земельної ділянки з мотивів суспільної необхідності та для суспільних потреб.

Слід зазначити, що автори науково-практичного коментаря ЗК України [5] вважають, що сім підстав, перерахованих у ст. 140 ЗК, є вичерпними. Тобто інші юридичні факти, не перераховані у зазначеній статті, не можуть розглядатися як підстави припинення права власності на земельну ділянку. На відміну від юристів, котрі розділяють підстави припинення права власності на земельні ділянки на дві групи (за бажанням і на основі волевиявлення власника та проти волі власника), автори коментаря ЗК умовно виділяють три основні групи підстав (рис.1).

Окремо хотілося б зупинитися на процедурі викупу земельних ділянок для суспільних потреб. Так, ст. 146 ЗК України визначає суспільні потреби, за яких може бути порушене питання про викуп у власника його земельної ділянки [3].



Рисунок 1 - Підстави припинення права власності на земельні ділянки

Органи державної влади та місцевого самоврядування можуть порушувати питання щодо викупу земельних ділянок для таких суспільних потреб:

- під будівлі і споруди органів державної влади та органів місцевого самоврядування;
- під будівлі, споруди та інші виробничі об'єкти державної та комунальної власності;
- під об'єкти природно-заповідного та іншого природоохоронного призначення;
- під об'єкти оборони та національної безпеки;
- під будівництво та обслуговування лінійних об'єктів та об'єктів транспортної і енергетичної інфраструктури (доріг, газопроводів, водопроводів, ліній електропередачі, аеропортів, нафто- та газових терміналів, електростанцій тощо);
- під розміщення дипломатичних та прирівняних до них представництв іноземних держав та міжнародних організацій;
- під міські парки, майданчики відпочинку та інші об'єкти загального користування, необхідні для обслуговування населення.

Цей перелік суспільних потреб, для яких може проводитися викуп земельних ділянок вважається вичерпним [5]. Інші підстави не можуть розглядатися як суспільні потреби. Проте, якщо детально дослідити ці підстави, то можна зрозуміти, що в Україні проти будь-якої земельної ділянки можна застосувати механізм викупу із приписом «для суспільних потреб». Крім того, зазначена стаття описує процедуру такого викупу, головними суб'єктами якої є

органи державної влади та місцевого самоврядування. Так, власник земельної ділянки не пізніше ніж за один рік до майбутнього викупу має бути письмово попереджений органом, який приймає рішення про її викуп, а сам викуп здійснюється за згодою власника.

Вищий господарський суд України у роз'ясненні від 27 червня 2001 р. [6] встановив, що згода власника земельної ділянки на її викуп повинна надаватися в письмовій формі. Якщо власник земельної ділянки не дає згоду на її викуп, питання вирішується в судовому порядку. Крім того, основною умовою такого правочину є досягнення згоди за ціною [3].

Положення законодавства і повноваження органів державної влади та місцевого самоврядування щодо вилучення земельних ділянок, що перебувають у постійному користуванні, стосуються земельних ділянок суб'єктів, які згідно зі ст. 92 Земельного кодексу України можуть набувати право власності або постійного користування земельною ділянкою (рис.2) [3].

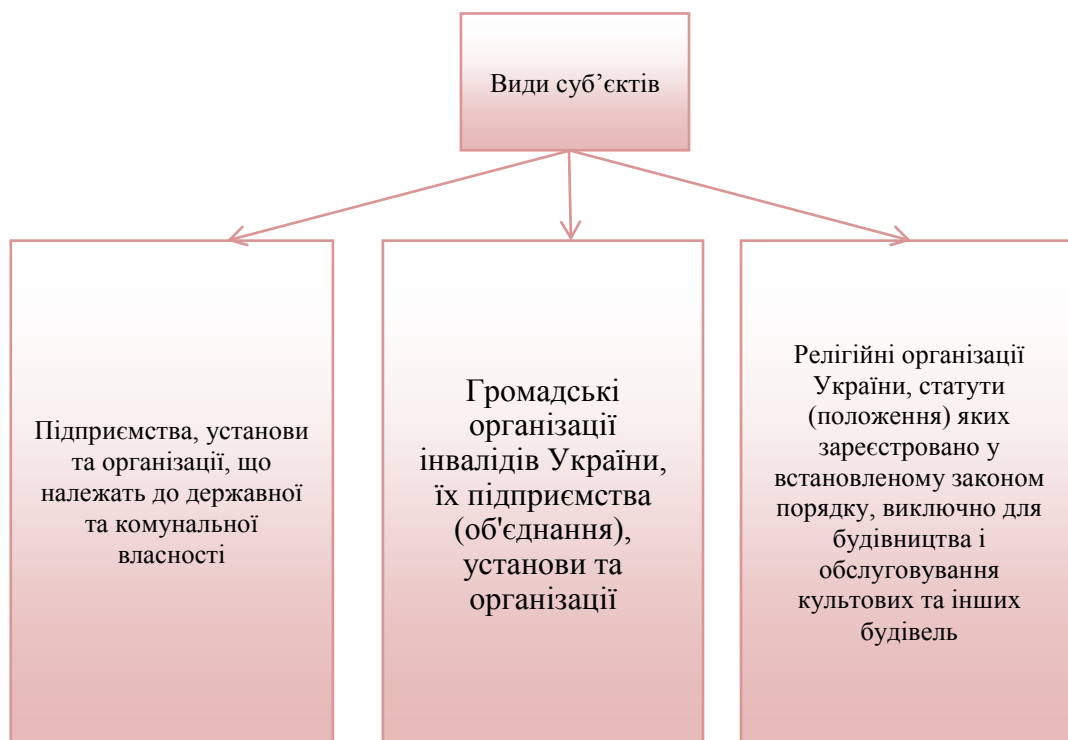


Рисунок 2 - Суб'єкти права власності, які можуть набувати право власності або постійного користування земельною ділянкою

В таких випадках чинне законодавство України передбачає наступні підстави припинення права користування земельною ділянкою:

- добровільна відмова від права користування земельною ділянкою;

- вилучення земельної ділянки у випадках, передбачених Земельним кодексом України.

З метою будівництва автомобільної дороги цільове призначення земельних ділянок має бути змінено на землі дорожнього господарства. Розглянемо примірну правову схему викупу земельних ділянок (табл.1).

Проте, існують ще проблеми, пов'язані з іншими категоріями земель при відведенні земельних ділянок під будівництво доріг. Зокрема, це землі заказників та природно-заповідних фондів; землі, які відносяться до особливо цінних; землі сільськогосподарського призначення. Процедура припинення права користування на них та відведення для цілей будівництва автомобільної дороги достатньо складна та комплексна та потребує цілої низки погоджень, в тому числі, найвищих органів влади – Верховної Ради України і Кабінету Міністрів України.

Таблиця 1 - Правова схема викупу земельних ділянок (адаптовано з [7])

№ п/п	Дія, що вчиняється	Відповідальний орган або особа, яка вчиняє дію	Правова підстава
1	2	3	4
1	Погодження місця розташування об'єкту, для розміщення якого здійснюватиметься викуп (відчуження) земельної ділянки		
1.1	Погодження місця розташування об'єкту. Юридичні особи, які зацікавлені у вилученні земельних ділянок, зобов'язані до початку проведення проектних робіт погодити з власниками землі, крім викупу земельних ділянок і землекористувачами, органами державної влади або органами місцевого самоврядування.	Збір матеріалів погодження місця розташування об'єкту здійснюють: 1) органи виконавчої влади; 2) органи місцевого самоврядування; 3) спеціальні адміністрації щодо управління територіями та об'єктами природно-заповідного фонду; 4) особи, які отримали спеціальний дозвіл (ліцензію) на користування надрами; 5) підприємства, які здійснюють будівництво, капітальний ремонт, реконструкцію, експлуатацію об'єктів транспортної та енергетичної інфраструктури, захисних гідротехнічних споруд	Частина 1 статті 10 Закону України «Про відчуження земельних ділянок, інших об'єктів нерухомого майна, що на них розміщені, які перебувають у приватній власності, для суспільних потреб чи з мотивів суспільної необхідності»[4] частини 1-4 статті 151 Земельного кодексу України[3]
1.2	Звернення до органу, уповноваженого вирішувати питання про погодження місця розташування об'єкту	Зацікавлені особи, визначені в п.1.1 цієї схеми, відповідні органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування згідно повноважень щодо передачі земельних ділянок у власність або у користування	Стаття 122, частини 5-7 статті 151 Земельного кодексу України, постанова КМУ №113 від 18.02.2009р. «Про затвердження типової форми заяви (клопотання) про вибір місця розташування земельної ділянки»[3]

Продовження таблиці 1

1	2	3	4
1.3	Розгляд матеріалів погодження місця розташування об'єкту.	Відповідні органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування, комісія з розгляду питань, пов'язаних з погодженням документації із землеустрою	Стаття 122, частини 8-9 статті 151 Земельного кодексу України п.4-8 Типового положення про комісію з розгляду питань, пов'язаних з погодженням документації із землеустрою, затвердженого постановою КМУ №1420 від 23.12.2009р.[3]
1.4	Надання дозволу на розроблення проекту землеустрою щодо відведення земельної ділянки.	Відповідні органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування	Стаття 122, частина 11 статті 151 Земельного кодексу України[3]
2.1	Викуп земельних ділянок інших об'єктів нерухомого майна, що на них розміщені, для суспільних потреб (далі – земельних ділянок)		
2.1.1	Звернення до органу, уповноваженого вирішувати питання про викуп земельної ділянки, з пропозицією щодо викупу за умови погодження місця розташування об'єкту, для розміщення якого здійснюється викуп.	Зацікавлені особи, визначені в п. 1.1. цієї схеми	Частина 1 статті 7, частина 1 статті 10 Закону України «Про відчуження земельних ділянок...»[4]
2.1.2	Прийняття органом, уповноваженим вирішувати питання про викуп земельної ділянки, рішення про проведення викупу у місячний строк з дня надходження пропозиції.	Відповідні органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування	Частина 1 статті 10 Закону України «Про відчуження земельних ділянок...»[4]
2.1.3	Державна реєстрація рішення про викуп земельної ділянки з підстав, що допускають можливість примусового відчуження в порядку, встановленому для реєстрації обмежень (обтяжень) речових прав на нерухоме майно, та набирає чинності з дня такої державної реєстрації.	Відповідні органи виконавчої влади чи органи місцевого самоврядування, які прийняли рішення про викуп, центр державного земельного кадастру	Частина 1 статті 10 Закону України «Про відчуження земельних ділянок...», статті 2, 5 Закону України «Про державну реєстрацію речових прав на нерухоме майно та їх обмежень»[4]
2.1.4	Письмове повідомлення про прийняття рішення про викуп земельної ділянки її власника (власників)	Відповідні органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування	Частини 2, 3 статті 10 Закону України «Про відчуження земельних ділянок...»[4]
2.1.5	Проведення переговорів щодо умов викупу земельної ділянки для суспільних потреб.	Власник (власники) земельної ділянки та органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування	Стаття 11 Закону України «Про оцінку земель»[8]
2.1.6	Визначення викупної ціни. Викупна ціна включає вартість земельної ділянки (її частини), житлового будинку, інших будівель, споруд, багаторічних насаджень, що на ній розміщені, з урахуванням збитків, завданих власнику внаслідок викупу земельної ділянки, у тому числі збитків, що будуть завдані власнику у зв'язку з достроковим припиненням його зобов'язань перед третіми особами. Вартість земельної ділянки визначається за договором на підставі її експертної грошової оцінки, проведеної відповідно до закону.	Власник (власники) земельної ділянки, органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування, суб'єкти оціночної діяльності, експерти, які працюють у складі спеціально уповноваженого органу виконавчої влади у сфері державної експертизи (у разі її проведення)	Статті 5, 11 Закону України «Про відчуження земельних ділянок...», статті 19, 22 Закону України «Про оцінку земель»[4, 8] Збитки, завдані власнику внаслідок викупу земельної ділянки визначаються відповідно до вимог Порядку визначення та відшкодування збитків власникам землі та землекористувачам, затвердженого постановою КМУ №284 від 19.04.1993р.

Кінець таблиці 1

1	2	3	4
2.1.7	Укладення договору купівлі-продажу або міні земельної ділянки, його нотаріальне посвідчення та державна реєстрація.	Сторонами договору є власник (власники) земельної ділянки та відповідні органи виконавчої влади чи органи місцевого самоврядування	Частина 1 статті 12, стаття 18 Закону України «Про відчуження земельних ділянок...»[4]
2.2	Примусове відчуження земельних ділянок, інших об'єктів нерухомого майна, що на них розміщені, з мотивів суспільної необхідності (далі – земельних ділянок)		
2.2.1	Звернення до адміністративного суду з позовом про примусове відчуження земельних ділянок, яке допускається як виняток, з мотивів суспільної необхідності лише в разі, якщо будівництво зазначених у частині першій цієї статті об'єктів передбачається здійснити із застосуванням оптимального варіанта з урахуванням економічних, технологічних, соціальних, екологічних та інших чинників, для потреб транспортної інфраструктури.	Відповідні органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування (визначені у п.п. 4.1-4.5 схеми)	Частини 1, 2 статті 15, частина 1 статті 16 Закону України «Про відчуження земельних ділянок...»[4]
2.2.2	Прийняття рішенням про примусове відчуження земельної ділянки (у разі якщо позивач доведе, що будівництво, капітальний ремонт, реконструкція об'єктів, під розміщення яких відчужується відповідне майно, є неможливим без припинення права власності на таке майно попереднього власника).	Адміністративний суд	Частина 2 ст.16 Закону України «Про відчуження земельних ділянок...»[4]
2.2.3	Визначення викупної ціни та порядку її виплати, а також переліку та порядку надання майна замість відчуженого (у разі задоволення позовних вимог) – у порядку, визначеному п.2.1.6 цієї схеми.	Відповідні органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування	Частина 3 ст.16 Закону України «Про відчуження земельних ділянок...»[4]
2.2.4	Державна реєстрація права власності держави чи територіальної громади на відчужені об'єкти (після попередньої та повної сплати колишньому власнику викупної ціни шляхом внесення органом, що прийняв рішення про відчуження земельної ділянки, коштів на депозит нотаріальної контори в порядку, встановленому законом, за місцем розташування земельної ділянки, інших об'єктів нерухомого майна, що на ній розміщені, або перерахування коштів на зазначений власником цих об'єктів банківський рахунок та/або державної реєстрації права власності на нерухоме майно, надане замість відчуженого).	Відповідні органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування, центр державного земельного кадастру	Частини 4, 5 ст.16 Закону України «Про відчуження земельних ділянок...»[4]

Висновки

Проведене дослідження проблем відчуження земельних ділянок для суспільних потреб, дозволило сформулювати такі основні положення:

1. Жодна людина не може бути позбавлена права власності, крім випадків, встановлених законодавством.

2. Будівництво автомобільної дороги вимагає обов'язкового узгодження документації по відведенню земельних ділянок.

3. Право власності на земельну ділянку, інші об'єкти нерухомого майна, що на ній розміщені, викуплені для суспільних потреб, переходить до держави чи територіальної громади після укладення договору купівлі-продажу (іншого правочину, що передбачає передачу права власності) та державної реєстрації такого права.

4. Припинення дії обмежень (обтяжень) прав на викуплені (відчужені) об'єкти, що унеможливають їх використання для суспільних потреб (особи, на користь яких були встановлені обмеження (обтяження) прав на відчужену земельну ділянку мають право вимагати відшкодування збитків або встановлення обмежень (обтяжень) прав для користувача відчуженого об'єкта у встановленому законом порядку.[3]

5. Хоча завдяки Закону України «Про відчуження земельних ділянок, інших об'єктів нерухомого майна, що на них розміщені, які перебувають у приватній власності, для суспільних потреб чи з мотивів суспільної необхідності» [4] стає можливим викуп земельних ділянок з приватної власності під будівництво об'єктів транспортної інфраструктури, цей механізм досить складний і недосконалий.

Література

1. Конституція України: [з зм. і доп., внесеними Законом України від 1 лютого 2011 р. № 2952-VI]. - Харків: Фактор, 2011. - 118 с.
2. Цивільний Кодекс України: за станом на 1 вересня 2016 р (Відповідає офіційному тексту). - Харків: Одиссей, 2016. - 71 с.
3. Земельний Кодекс України. Верховна Рада України: Кодекс України, Кодекс, Закон від 25.10.2001. - № 2768-III. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2768-14>
4. Про відчуження земельних ділянок, інших об'єктів нерухомого майна, що на них розміщені, які перебувають у приватній власності, для суспільних потреб: Закон України. Верховна Рада України: Закон від 17.11.2009. - № 1559-VI. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1559-17>
5. Земельний кодекс України: науково-практичний коментар / за загальною редакцією В.І. Семчика, 2007 р. . [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://zakon.osmark.com.ua/>
6. Про деякі питання практики вирішення спорів, пов'язаних із захистом права власності на землю і землекористування: Роз'яснення від 27 червня 2001 р. Вищий господарський суд України [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/v0006600-11>
7. За матеріалами офіційного сайту Головного управління Держгеокадастру в тернопільській області. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://terland.gov.ua/360>.
8. Про оцінку земель: Закон України. Верховна Рада України: Закон від 11.12.2003. -№ 1378-IV [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/ru/1378-15>

Рецензенти:

Мельниченко О.І., канд. техн. наук, Національний транспортний університет.

Іванова Н.Ю., канд. економ. наук, Національний університет «Києво-Могилянська академія».

Reviewers:

Melnychenko A., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), National Transport University.

Ivanova N., Cand. Econ. Sci. (Ph.D.), National University of "Kyiv-Mohyla Academy".

Стаття надійшла до редакції: 18.11.2016 р.

УДК 332.6:625.7/.8

Шпиг А.Ю., канд. техн. наук

ОЦІНКА ЗЕМЕЛЬ СПЕЦІАЛЬНОГО НЕСІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ, ВІДВЕДЕНИХ ПІД КОНЦЕСІЙНІ АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ

Анотація. На сучасному етапі розвитку дорожнього господарства України та при умові бюджетного дефіциту, покращення стану мережі автомобільних доріг необхідно здійснювати не лише за рахунок державних коштів, а й за рахунок залучення коштів інвесторів. Для реалізації такого підходу можливе використання концесійних угод на будівництво та експлуатацію автомобільних доріг, які є формою державно-приватного партнерства в Україні.

У даній статті проведено аналіз оцінки земель спеціального несільськогосподарського призначення та порушене питання концесій в дорожньому господарстві України.

Ключові слова: автомобільна дорога, нормативна грошова оцінка, земельні ділянки, землі спеціального несільськогосподарського призначення.

УДК 332.6:625.7/.8

Шпиг А.Ю., канд. техн. наук

ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬ СПЕЦИАЛЬНОГО НЕСЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ, ОТВЕДЕННЫХ ПОД КОНЦЕССИОННЫЕ АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ

Аннотация. На современном этапе развития дорожного хозяйства Украины и при условии бюджетного дефицита, улучшение состояния сети автомобильных дорог необходимо осуществлять не только за счет государственных средств, но и за счет привлечения средств инвесторов. Для реализации такого подхода возможно использование концессионных соглашений на строительство и

эксплуатацию автомобильных дорог, которые являются формой государственно-частного партнерства в Украине.

В данной статье проведен анализ оценки земель специального несельскохозяйственного назначения и поставлен вопрос концессий в дорожном хозяйстве Украины.

Ключевые слова: автомобильная дорога, нормативная денежная оценка, земельные участки, земли специального несельскохозяйственного назначения.

UDC 332.6:625.7/.8

Shpyh A.Yu., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.)

SPECIAL LAND EVALUATION NON-AGRICULTURAL LAND DESIGNATED FOR CONCESSION ROAD

Abstract. At the present stage of the road economy of Ukraine and provided the budget deficit, improve the road network should be carried out not only by public funds, but also by raising funds investors. To implement this approach, you can use concession agreements for the construction and operation of highways, which is a form of public-private partnership in Ukraine.

This article analyzes the special land evaluation special non-agricultural land and raised the question of concessions in the road sector in Ukraine.

Keywords: highway, normative monetary evaluation, parcel of land, special non-agricultural land.

Постановка проблеми

Розвиток економіки держави напряму залежить від поліпшення транспортного сполучення та оптимізації мережі автомобільних доріг, що можливо за рахунок будівництва нових та збереження існуючих автомобільних доріг. Таке покращення може здійснюватися не тільки за рахунок державних коштів, а й за рахунок залучення приватних інвестицій.

Тому проведення нормативної оцінки землі при здійсненні концесійної діяльності, спрямованої на будівництво та експлуатацію автомобільних доріг є своєчасним питанням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідженням методичного підходу, що використовується для нормативної грошової оцінки земель несільськогосподарського призначення присвячені роботи таких учених як Ю.М. Манцевича, Ю.М. Палехи, М.Г. Лихогруда, Ю.Ф. Дехтяренка [1], А.Г. Мартина [2] та інших. Вивченням питань правових аспектів будівництва автомобільних доріг і, зокрема, концесійних автомобільних доріг займалися В. Комар [3], Ю. Коваль [4], О.В Жулин [5] та інші. Проте, питання процедури обґрунтування вартості земельних ділянок при наданні їх в оренду за договором концесії залишається відкритим.

Метою статті є узагальнення процедури проведення нормативної грошової оцінки земельних ділянок спеціального несільськогосподарського призначення, що надаються під автомобільні дороги на умовах концесії.

Виклад основного матеріалу

В Україні забезпечення функціонування автомобільних доріг, будівництва, реконструкції, ремонту та утримання регулюються Законами України «Про автомобільні дороги», «Про дорожній рух», «Про джерела фінансування дорожнього господарства України», «Про концесії», «Про концесії на будівництво та експлуатацію автомобільних доріг» та іншими нормативно-правовими актами.

Відповідно до Закону України «Про автомобільні дороги» [6], автомобільна дорога це – лінійний комплекс інженерних споруд, призначений для безперервного, безпечного та зручного руху транспортних засобів, що має задовольняти потреби суспільства в автомобільних пасажирських і вантажних перевезеннях.

Сьогодні, в умовах бюджетного дефіциту в дорожній галузі України, покращення транспортно-експлуатаційного стану існуючих автомобільних доріг, а також будівництво нових можливо здійснювати за такою формою державно-приватного партнерства як концесії.

Передумовою будівництва автомобільної дороги є вибір земельної ділянки для її розміщення. На умовах концесії земельні ділянки для

будівництва платних автомобільних доріг надає держава, що виступає концесієдавцем. Порядок виділення та надання такої земельної ділянки регулюється Земельним кодексом та постановою Кабінету Міністрів України від 31 березня 2004 року № 427 «Про затвердження Порядку вибору земельних ділянок для розміщення об'єктів».

Підставою для прийняття рішення про будівництво та експлуатацію автомобільної дороги на умовах концесії є техніко-економічне обґрунтування та/або проектно-кошторисна документація. Слід зазначити, що нормативна грошова оцінка земельних ділянок є складовою техніко-економічного обґрунтування.

Відповідно до Закону України «Про оцінку земель» [7], нормативна грошова оцінка земельних ділянок використовується для визначення розміру земельного податку, державного мита при міні, спадкуванні та даруванні земельних ділянок згідно із законом, орендної плати за земельні ділянки державної та комунальної власності, втрат сільськогосподарського і лісогосподарського виробництва, вартості земельних ділянок площею понад 50 гектарів для розміщення відкритих спортивних і фізкультурно-оздоровчих споруд, а також при розробці показників та механізмів економічного стимулювання раціонального використання та охорони земель.

Згідно ст. 71 Земельного Кодексу України [8], до земель дорожнього господарства належать землі під проїзною частиною, узбіччям, земляним полотном, декоративним озелененням, резервами, кюветами, мостами, тунелями, транспортними розв'язками, водопропускними спорудами, підпірними стінками і розташованими в межах смуг відведення іншими дорожніми спорудами та обладнанням, а також землі, що знаходяться за межами смуг відведення, якщо на них розміщені споруди, що забезпечують функціонування автомобільних доріг, а саме:

- а) паралельні об'їзні дороги, поромні переправи, снігозахисні споруди і насадження, протилавинні та протисельові споруди, вловлюючі з'їзди;
- б) майданчики для стоянки транспорту і відпочинку, підприємства та об'єкти служби дорожнього сервісу;
- в) будинки (в тому числі жилі) та споруди дорожньої служби з виробничими базами;
- г) захисні насадження.

Землі дорожнього господарства відносяться до такої категорії земель, як землі спеціального несільськогосподарського призначення. Тому, оцінка земель, що відведені під автомобільні дороги, здійснюється за Постановою КМУ № 1278, яка затверджує «Методику нормативної грошової оцінки земель несільськогосподарського призначення (крім земель населених пунктів)» [9]:

$$C_H = P_D \cdot P_D \cdot C_K \cdot K_M \cdot K_E \cdot K_{MC} \cdot K_i, \quad (1)$$

де P_D – площа земельної ділянки;

P_D – рентний дохід для відповідної категорії земель (у гривнях на рік);

C_K – строк капіталізації (у роках);

K_M – коефіцієнт, який враховує місце розташування земель;

K_E – коефіцієнт, який враховує вид використання земельної ділянки і встановлюється залежно від складу угідь земельної ділянки відповідно до даних Державного земельного кадастру;

K_{MC} – коефіцієнт, який враховує належність земельної ділянки до земель природоохоронного, оздоровчого, рекреаційного, історико-культурного призначення;

K_i – коефіцієнт індексації нормативної грошової оцінки земель.

Виходячи з вищевказаного, недоліком застосування Методики є нечіткість процедури визначення коефіцієнту, який враховує вид використання земельної ділянки. Цей недолік є істотним, тому що до складу виділеної землі під автомобільну дорогу можуть відноситися землі різних категорій функціонального використання.

Тому, існує необхідність в удосконаленні та уточненні грошової оцінки земель несільськогосподарського призначення для врегулювання земельних відносин при укладанні концесійних угод у сфері будівництва та експлуатації автомобільних доріг.

Висновки

Вирішення проблеми розвитку транспортної інфраструктури України є передумовою покращення економічної ситуації країни в цілому. Оскільки при здійсненні концесійної діяльності на будівництво та експлуатацію автомобільних доріг необхідне проведення нормативної грошової оцінки

земельних ділянок, проведено огляд стосовно її здійснення за групою земель, що відносяться до земель спеціального несільськогосподарського призначення.

Література

1. Методичні основи грошової оцінки земель в Україні [Текст] / Ю.Ф. Дехтяренко, М.Г. Лихогруд, Ю.М. Манцевич, Ю.М. Палеха. – К.: Профі. – 2002. – 256 с.
2. Мартин А.Г. Новий методичний підхід до нормативної грошової оцінки земель несільськогосподарського призначення [Текст] / А.Г. Мартин // Землеустрій і кадастр. – 2013. - № 2. – С. 37-59.
3. Комар В. Правові аспекти будівництва автомобільних доріг. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://old.minjust.gov.ua/22115>
4. Коваль Ю. Перспективи будівництва концесійних доріг в Україні. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://yur-gazeta.com/publications/practice/inshe/perspektivi-budivnictva-koncesiynih-dorig-v-ukrayini.html>
5. Жулин О.В. Моделі фінансів автодорожніх концесій [Текст] / О.В. Жулин // Економіка. Фінанси. Право. – 2011. – № 2. – С. 17-20.
6. Закон України «Про автомобільні дороги» від 8 верес. 2005 року № 2862-IV. // Голос України. – 2005. – 07 жовт. – № 189. Із внесенням змін до Закону України від 20 грудня 2011 року № 4203-VI.
7. Закон України «Про оцінку земель» 11 грудня 2003 року № 1378-IV. // Голос України. – 2004. – 30 січня. – № 18.
8. Земельний кодекс України від 25 жовтня 2001 року № 2768-III. // Голос України. – 2001. – 20 лист. — № 217.
9. Постанова Кабінету Міністрів України від 23 листопада 2011 р. № 1278 «Про затвердження Методики нормативної грошової оцінки земель несільськогосподарського призначення (крім земель населених пунктів)».

Рецензенти:

Угненко Є.Б., д-р техн. наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.
Нагайчук В.М., канд. техн. наук, ДП "ДерждорНДІ".

Reviewer:

Uhlenko E.B., Dr. Tech. Sci., Kharkov National Automobile and Highway University.
Nahaichuk V.M. Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), "DerzhdorNDI".

Стаття надійшла до редакції: **01.02.2017 р.**

УДК 658.012.7

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

МАЛИЙ БІЗНЕС, ЙОГО КОНТРОЛІНГ

Анотація. У роботі досліджено стан розвитку малого бізнесу регіону, визначено його місце в умовах ринкових відносин. Для ефективного управління підприємствами малого бізнесу розроблено концепцію контролінгу розвитку та функціонування цього сектора ринкової економіки. Надано моделі та контролінгові схеми розвитку і конкурентоспроможності підприємств малого бізнесу з урахуванням особливостей їх розвитку та структури органів їх управління. Контролінгові схеми розвитку та конкурентоспроможності дають змогу проводити діагностику стратегічних позицій підприємств та обирати оптимальну стратегію їх розвитку.

Ключові слова: підприємництво, малий бізнес, менеджмент, модель, контролінг, стратегія, конкурентоспроможність.

УДК 658.012.7

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

МАЛЫЙ БИЗНЕС, ЕГО КОНТРОЛЛИНГ

Аннотация. В работе исследовано состояние развития малого бизнеса региона, определено его место в условиях рыночных отношений. Для эффективного управления предприятиями малого бизнеса разработана концепция контроллинга развития и функционирования этого сектора рыночной экономики. Даны модели и контролінгові схеми развития и конкурентоспособности предприятий малого бизнеса с учетом особенностей их развития и структуры органов их управления. Контролінгові схеми развития и конкурентоспособности позволяют проводить диагностику стратегических позиций предприятий и выбирать оптимальную стратегию их развития.

Ключевые слова: предпринимательство, малый бизнес, менеджмент, модель,

контролінг, стратегія, конкурентоспособність.

UDC 658.012.7

Yatsenko I.V., Cand. Econ. Sci. (Ph.D.), **Sokolova N.M.**, Cand. Econ. Sci. (Ph.D.),
Kanin O.P., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.)

SMALL BUSINESS, ITS CONTROLLING

Abstract. The work examines the state of small business development in the region, determined by its position in the conditions of market relations. For effective management of small businesses the concept of controlling the development and functioning of this sector of the market economy. This model and controlrow scheme for the development and competitiveness of small enterprises taking into account features of their development and structure their management. Controlrow scheme development and competitiveness allow us to diagnose the strategic positions of companies and to select the optimal strategy for their development.

Key words: entrepreneurship, small business, management, model, controlling, strategy, competitiveness.

Постановка проблеми

Економічні реформи, які здійснюються в нашій державі, в значній мірі повинні впливати на зміцнення та розвиток підприємств малого бізнесу. Суб'єкти малого підприємництва, що є суб'єктами ринкової економіки, мають значні переваги: дуже швидко адаптуються до місцевих умов господарювання; мають велику свободу дій; оперативно та з гнучким стилем приймають та здійснюють рішення; мають відносно незначні витрати на виробництво. Підприємства цього сектору ринкової економіки здатні розпочинати діяльність зовсім не маючи капіталу, але потім досягають високого обороту накопиченого власного капіталу.

Маючи в розрахунку на одного працюючого досить незначні капіталовкладення, вони в перевагу цьому є значно конкурентоспроможними. Цілком володіючи рівнем попиту на місцевих регіональних ринках, суб'єкти малого підприємництва практично можуть випускати продукцію з урахуванням заказу певних споживачів.

Аналіз останніх досліджень. Але разом з тим підприємства малого бізнесу дуже підпадають ризику і завдяки цьому мають велику ступінь нестійкості в ринковому середовищі. Вони дуже сильно залежать від великих підприємств, дуже реагують на зміну методів та умов господарювання, практично не мають можливостей використовувати додаткові фінансові ресурси.

Для здійснення ефективного управління діяльністю підприємств по досягненню поставленої мети повинна існувати саморегулююча система, яка б забезпечувала зворотний зв'язок в системі управління. Такою системою є нова концепція управління сучасного менеджменту, яка одержала назву контролінгу. Дослідження з проблем менеджменту, контролінгу та малого бізнесу здійснювались І. Ансоффом, С.С. Аптекарем, І.Т. Балабановим, З.С. Варналієм, О.М. Кармінським, Н.Г. Данилочкіною, Н.Д. Кожевіною, М.Г. Лапустою, Ю.В. Макогоном, Е. Майером, Р. Маном, Ю.Г. Лисенко, В.Л. Петренко, М.Х. Месконом, Е. Цандером, Д. Ханом, професором Гарвардської школи бізнесу Майклом Портером та іншими вітчизняними та зарубіжними вченими.

Контролінг – це сучасна концепція управління діяльністю підприємства, яка координує і об'єднує спроби різних служб і підрозділів для досягнення поставленої мети. Контролінг в системі управління займає особливе місце і здійснює інформаційне забезпечення прийняття рішень для оптимального використання наявних можливостей і ресурсів, належної оцінки позитивного і негативного в діяльності підприємства, а також запобігання та уникнення банкрутства і кризових ситуацій.

Постановка задачі. Актуальність перелічених проблем, необхідність розробки ефективного механізму управління підприємствами малого бізнесу стосовно певного регіону і зумовили вибір теми дослідження, його мету і задачі. Тому обрана тема дослідження є актуальною.

Мета роботи полягає в розробці концепції контролінгу розвитку та функціонування підприємств малого бізнесу в ринкових умовах.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі задачі:

1. Дослідити особливості розвитку та функціонування малого бізнесу регіону в галузевому та територіальному аспектах.
2. Розробити методику та схему проведення фінансового контролінгу на підприємствах малого бізнесу.
3. Розробити контролінгову схему розвитку малого бізнесу.

Предмет дослідження. Предметом даного дослідження є методи та інструменти оперативного та стратегічного контролінгу малого бізнесу, які забезпечують його виживання і конкурентоспроможність в умовах ринкових відносин.

Об'єктом дослідження є сукупність підприємств малого бізнесу, які мають різні форми власності та види діяльності.

Виклад основного матеріалу

В роботі на підставі узагальнення зарубіжної теорії та набутого досвіду по контролінгу, оцінки конкурентоспроможності та розробленого на їх базі науково-методичного забезпечення, практичного використання отриманих результатів захищаються теоретичні та практичні положення щодо концептуальних основ організації контролінгу малого бізнесу в ринкових умовах з урахуванням особливостей розвитку цих підприємств.

Для успішного розвитку малого підприємництва необхідно досить гнучко управляти цим сектором ринкової економіки. Серед сучасних наукових напрямків цілісну концепцію управління фінансово-економічними процесами, а також результатами діяльності підприємств являє контролінг, який націлений на виявлення всіх можливостей та ризиків, пов'язаних з одержанням прибутку в умовах ринкового середовища.

Необхідність контролінгу на сучасних підприємствах, а тим більше на підприємствах малого бізнесу, можна пояснити такими **причинами**:

- підвищення нестабільності зовнішнього середовища ставить допоміжні вимоги до системи управління підприємством, при цьому акцент переміщується з контролю минулого на аналіз майбутнього;
- ускладнення системи управління підприємством потребує механізму координації усіх ланок системи управління;
- інформаційний бум при недостатці істотної інформації потребує побудови спеціальної системи інформаційного забезпечення управління;
- загальне поривання до синтезу, інтеграції різноманітних галузей знань та людської діяльності.

В процесі діяльності підприємства малого бізнесу постійно виникають певні проблеми: завоювання долі ринку, переваги над конкурентами та інші.

Основною метою контролінгу є організація процесу управління на досягнення всіх завдань, які постають перед підприємством в процесі його виробничої діяльності.

Для реалізації цієї умови контролінг забезпечує виконання таких

функцій:

- координацію управлінської діяльності для досягнення цілей підприємства;
- інформаційну та консультативну підтримку прийняття управлінських рішень;
- створення та забезпечення функціонування загальної інформаційної системи управління підприємством;
- забезпечення раціональності управлінського процесу.

В умовах ринкової економіки зовнішні умови функціонування підприємств постійно піддаються змінам. Відповіддю на це став контролінг як концепція управління. Виходячи з цього, проходить еволюція та трансформація функцій управління підприємством у напрямку до системи контролінгу. В цьому і проявляється основна тенденція комплексного підходу до управління малим бізнесом, яку можна описати в вигляді, поданому на рис. 1.



Рисунок 1 - Інформаційно-аналітична система «Контролінг малого бізнесу»

В процесі діяльності підприємства малого бізнесу постійно стикаються з різними труднощами через особливості економіки нашої держави: дуже високий рівень монополізму, повільний розвиток конкурентного середовища, тощо. Через це контролінгу на підприємствах малого бізнесу треба постійно надавати головну роль в системі та методах управління.

В структуру контролінгу, яка показана на рис. 2, включаються такі розділи: визначення мети, планування, оперативний та управлінський облік, система інформаційних потоків, моніторинг, контроль, аналіз планів, результатів діяльності, відхилень, розробка рекомендацій для прийняття управлінських рішень.

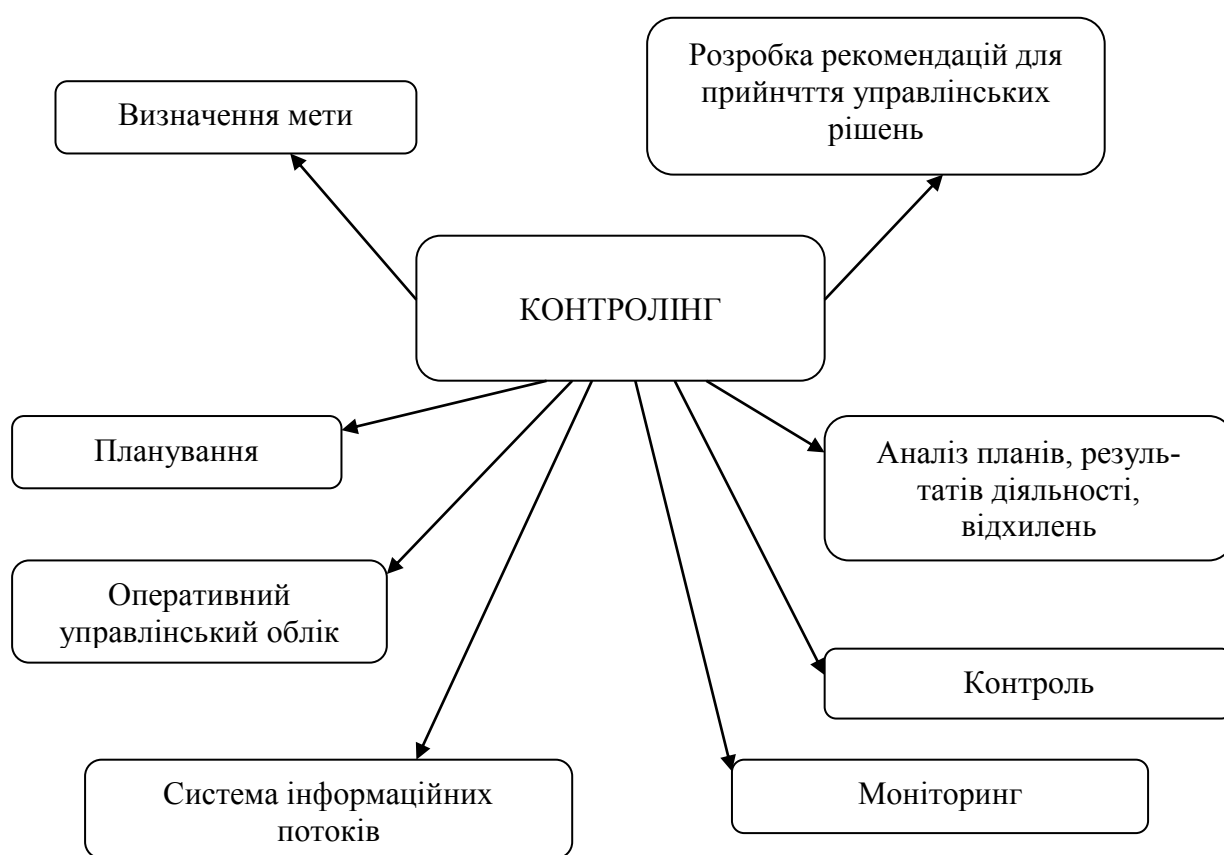


Рисунок 2- Структурна схема розділів контролінгу

Кожний з цих розділів містить певні цілі, які формулюються для підприємств малого бізнесу з урахуванням специфічних особливостей їх розвитку. Основною задачею контролінгу малого бізнесу є постійне орієнтування системи управління підприємством на досягнення поставлених цілей. Размещено на Allbest.ru

В системі контролінгу на підприємстві поряд з показниками та

висновками обов'язково повинні бути присутніми організаційні складові – людина, яка займається контролінгом, та інформаційні потоки. Наявність малої кількості працюючих на підприємствах малого бізнесу створює специфічні особливості впровадження контролінгу в систему управління з урахуванням загальних вимог, які забезпечують ефективність в роботі даної служби. В залежності від структури апарату управління та економічних служб впроваджується один або декілька спеціалістів з контролінгу та інформаційних систем, пов'язується автоматизована обробка економічної інформації підприємства з оптимізацією інформаційних потоків.

Наявність позитивних переваг контролінгу дозволяє продемонструвати його вплив на покращення результатів діяльності підприємства. Але поряд з цим існують фактори, які перешкоджають впровадженню його в систему управління, ставлять його в зону ризику. При цьому створюються певні негативні реакції економічних та інших служб підприємства, з'являється система опору новим методам економічного аналізу та управління. Для подолання цього треба, використовуючи різні способи, знайти раціональний метод переконання всіх перешкод та поступово впроваджувати контролінгову систему. При цьому необхідно обов'язково триматись певної цілеспрямованої послідовності робіт, які дозволяють в процесі впровадження контролінгу вносити зміни в існуючі інформаційні потоки, використання інструментів контролінгу для проведення аналізу фінансово-господарського стану підприємства, вироблення нової стратегії розвитку.

Особливістю підприємства малого бізнесу є те, що його керівник повинен постійно стежити за результатами діяльності не тільки свого підприємства, а й підприємств – конкурентів, чітко знати систему показників для порівняння, взаємозв'язок між ними та значимість кожного.

В зв'язку з тим, що підприємства в своєму розвитку проходять різні стадії свого життєвого циклу, то на кожній стадії перед ними постають різні основні цілі та задачі, якими визначається функціонування підприємства. При цьому основою для прийняття стратегічних рішень повинна служити інформація стратегічної діагностики фінансово-господарського стану. З цих позицій сформульовано схему фінансового контролінгу та визначено його основні інструменти – показники рентабельності, ділової активності, платоспроможності та фінансової стійкості. В процесі проведення аналізу

показників спеціаліст по контролінгу знаходить ефективні важелі управління діяльністю підприємства для покращення фінансового стану та запобігання банкрутству.

Постійно необхідно застосовувати методику використання інструменту оперативного контролінгу – ABC-аналізу – для визначення ключових моментів при розрахунках підприємств малого бізнесу: контроль надходжень виручки за виконанні роботи (послуги), а також погашення дебіторської заборгованості.

А також визначення конкуренції, умов функціонування конкурентного ринку, які створюються силами конкуренції. Викладено методику використання методів діагностики стратегічної позиції підприємства малого бізнесу для визначення його місця в ринковій конкуренції з використанням поняття конкурентного статусу підприємства. Для цього використовуються різні спеціальні методи: SWOT-аналіз, матриця Мак-Кінсі, конкурентний аналіз по Портеру. При використанні цих методів враховуються фактори та умови, які притаманні підприємствам малого бізнесу.

З урахуванням всіх умов та особливостей розвитку підприємств малого бізнесу визначено схему контролінгу конкурентоспроможності, а також економіко-математичну модель, яка характеризує конкурентоспроможність підприємств малого бізнесу та враховує систему основних обмежень по матеріальних запасах, ризику їх постачання та конкурентному ризику реалізації продукції для забезпечення максимальної рентабельності виробництва та досягнення найвищої конкурентної можливості визначеного напрямку розвитку (1)-(6):

Цільові функції мають вигляд:

$$\sum_{i=1}^n O_i K_i X_i \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n T_i L_i X_i \rightarrow \min, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n P_i X_i \rightarrow \max. \quad (3)$$

Обмеження по основних факторах рухомих сил конкуренції:

$$\sum_{k=1}^m \sum_{p=1}^t r_{ik} c_{ik}^p X_i \leq M_i, \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^m \sum_{p=1}^t R_{ik}^p X_i \leq R_i, \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^q \sum_{l=1}^s b_{ij} R_{ij}^l X_i \leq \bar{R}_i, \quad (6)$$

де $i = \overline{1, n}$ – індекс напрямку розвитку,

$j = \overline{1, q}$ – індекс виду продукції,

$k = \overline{1, m}$ – індекс виду ресурсів,

$p = \overline{1, t}$ – індекс постачальника,

$l = \overline{1, s}$ – індекс виробника,

O_i – конкурентна оцінка і-го напрямку розвитку,

K_i – значимість і-го напрямку конкурентності,

T_i – оцінка небезпеки і-го напрямку,

L_i – значимість небезпеки і-го напрямку,

P_i – оцінка рентабельності і-го напрямку,

M_i – матеріальні витрати в і-му напрямку;

r_{ik} – потреба в ресурсах k-го виду по і-му напрямку,

c_{ik}^p – ціна k-го виду ресурсів і-го напрямку p-го постачальника,

R_{ik}^p – ризик постачання,

X_i – булева змінна, яка приймає значення 0 або 1,

R_{ij}^l – конкурентний ризик реалізації продукції j-го виду з боку l-го

виробника,

b_{ij} – виробництво продукції (послуг) j-го виду по і-му конкуренту малого бізнесу,

R_i – граничний коефіцієнт ризику постачання ресурсів і-го виду;

$\bar{R}_i$ – граничний коефіцієнт ризику реалізації виробленої продукції і-го виду.

Цільові функції забезпечують: досягнення найкращої конкурентної можливості і-го напрямку розвитку (1), зниження до мінімуму небезпеки і-ої можливості (2), одержання найвищої рентабельності (3).

Обмеження (4) враховує максимальні матеріальні витрати і-го напрямку діяльності. Обмеження (5) та (6) враховують граничні ризики постачання запасів (ресурсів) та реалізації продукції в умовах конкуренції.

Задачі конкурентоспроможності підприємств малого бізнесу та вибору оптимальної стратегії розвитку можуть бути сформульовані в результаті аналізу контролінгової схеми конкурентної боротьби, зображеної на рис. 3.

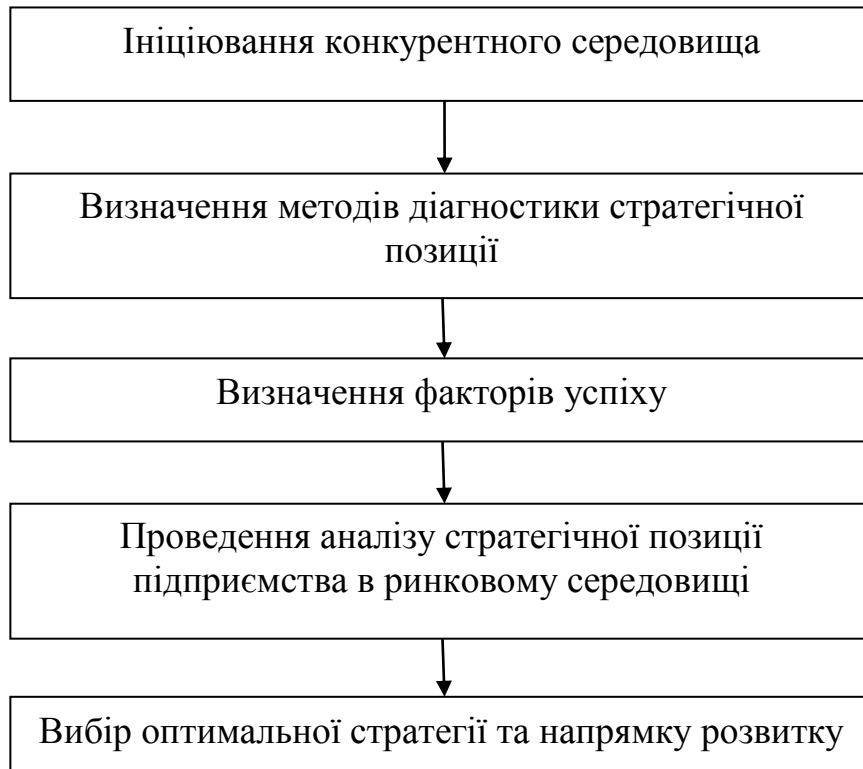


Рисунок 3- Схема контролінгу конкурентоздатності підприємства

Було досліджено тенденції розвитку підприємств малого бізнесу регіону. Так, за період з 2002 по 2017 роки кількість діючих підприємств подвоїлася, але цей показник не може повністю характеризувати розвиток цього сектора економіки. Це пояснюється тим, що практично «виживає» тільки кожне третє зареєстроване підприємство. Коефіцієнт підприємницького комерційного ризику, який за Шумпетером характеризується як «ризик, зв'язаний з відсутністю комерційного успіху» – значно високий та досягає 62,8%. Тому особливе значення повинно надаватись процесу управління системою малого бізнесу в умовах високої динамічності ринків.

Проведений аналіз статистичних даних дав можливість зробити висновки, що розвиток малого бізнесу в регіоні знаходиться не на належному рівні. Так, до 2004 року спостерігалось значне зростання кількості підприємств, а в

наступні роки зростання сповільнюється. Ця ситуація пояснюється тим, що в регіоні вже склалася структура підприємств, як по видах діяльності, так і в регіональному аспекті. В значній мірі склалися виробничі зв'язки та взаємовідносини між підприємствами, а тому поява нових підприємств створює значні труднощі для розвитку, ставлячи їх в залежність від інших, більш розвинутих.

В регіоні досить низький показник кількості підприємств на 1000 мешканців області – 3,1. Але в той же час, в економічно високорозвинутих країнах цей показник вище в декілька десятків разів (49,6 – Японія, 74,2 – США). По регіонах області цей показник значно коливається: від 0,6 по м. Дзержинську до 6,2 по м. Донецьку.

Значна кількість підприємств, не маючи ні фінансової, ні податкової підтримки з боку держави, орієнтує свою діяльність на такі види, які дають прибуток без досить значних витрат. А саме цьому в сфері виробництва в 2015 році функціонувала майже третина всіх діючих підприємств, а в торгівлі – майже 49%. На кінець року виробництвом займалися лише 22,5% діючих підприємств, а в сфері торгівлі – 54,3%. В сфері торгівлі працювало майже 40% середньоспискової чисельності зайнятих в малому бізнесі; підприємствами цього виду діяльності одержано найвищий прибуток, частка якого складає 44,8% від прибутку, одержаного всіма підприємствами малого бізнесу.

Підприємствами малого бізнесу одержано за 2015 рік виручку від реалізації продукції в сумі 4722,9 млн. грн., що становило 15,1% виручки всіх підприємств. Всього на цих підприємствах працювало 931 тисяча чоловік, що склало 6,8% від чисельності зайнятих в народному господарстві області. А це досить низький показник, він свідчить про незначну роль малого бізнесу в створенні додаткових робочих місць (на 1.01.96 року в Японії – 78%). Середня виручка одного працюючого підприємств малого бізнесу склала 36 тис. грн., а це майже в 2,5 рази більше, ніж на підприємствах основного кола.

В сукупності підприємств значна частка належала підприємствам колективної форми власності (65,8%), а також приватної (32,2%). Таким же чином розподілились і середньоспискова чисельність працюючих (73,2% і 24%), і виручка від реалізації продукції, робіт чи послуг (78,9% і 20,1%). Уміле маневрування трудовими ресурсами дозволило керівникам підприємств в окремі моменти діяльності при потребі залучати робітників до тимчасової

роботи по сумісництву чи по трудових угодах.

З урахуванням означених тенденцій розвитку та особливостей, притаманних підприємствам малого бізнесу, процес функціонування цих підприємств можна описати за допомогою наступної економіко-математичної моделі, яка орієнтована на максимальну зайнятість населення.

В результаті проведення приватизації утворилась значна кількість малих підприємств сфери побутового обслуговування. Аналіз стану і результатів діяльності підприємств цієї галузі показав, що, залишившись без ефективної системи управління, вона занепала. Про це свідчать як кількісні характеристики, так і показники реалізованих населенню обсягів послуг, а також ставлення населення до цих суб'єктів ринкової економіки

В період проведення приватизації кількість підприємств побутового обслуговування зменшилась майже на 1000 одиниць. І це в той час, коли в результаті приватизації утворювались на базі структурних підрозділів малі підприємства і сукупність цих підприємств повинна була збільшуватись. Але не маючи дійової підтримки з боку місцевих органів влади, не володіючи ефективними методами управління, не маючи фінансових ресурсів, ці суб'єкти або припиняли свою діяльність на якийсь час, або перепрофільовувалися на інші прибуткові види діяльності. Все це впливало на якість та рівень побутового обслуговування населення, які стали занадто низькими, збільшились терміни виконання послуг. І тому народжувалося негативне ставлення населення регіону до підприємницьких структур побутового обслуговування та підприємництва і малого бізнесу взагалі. Наявним доказом цього та інших аспектів в процесах створення та становлення нового сектору економіки, які в значній мірі впливали на розвиток та виживання підприємств малого бізнесу, служать результати вибіркового соціологічного опитування, в якому автор приймав участь. Як правило, більшість респондентів відповіла, що в регіонах їх мешкання в результаті малої приватизації зменшилась не тільки кількість підприємств побутового обслуговування, а також зменшилась кількість або повністю відсутні життєво необхідні види послуг. Практика та опитування підтвердили, що проведена приватизація в такому вигляді дала можливість підприємницьким структурам використовувати підприємства на інші потреби, одержати вигравш в цьому процесі представникам «тіньової економіки». В результаті зменшення кількості підприємств та видів послуг

значно почали зростати ціни на послуги, а тому саме через це населення стало відмовлятися від багатьох видів послуг. А це посилює соціальну напруженість в суспільстві, аж ніяк не сприяє розвитку малого бізнесу.

Проведений аналіз результатів діяльності малих підприємств побутового обслуговування регіону та соціологічного опитування дав можливість розробити контролінгову схему управління процесом приватизації підприємств сфери послуг, використання якої дозволило б контролювати відбір підприємств для приватизації, процес самої приватизації та розробки стратегії діяльності підприємств, які створюються в результаті приватизації. А це б, в свою чергу, супроводжувалося інтенсивним розвитком сфери послуг та малого бізнесу в цілому. Тому саме підприємства малого бізнесу здатні задовольнити потреби населення в послугах, саме в цій сфері діяльності вони розвиваються ефективно.

Проведено фінансовий контролінг підприємств малого бізнесу з використанням інструментів оперативного контролінгу. Зіставлення даних показало, що в 2015 році уставний фонд одного підприємства збільшився в середньому з 15,2 тис. грн. на початку року майже в 3 рази на кінець року. І якщо доля основних фондів цих підприємств в загальній масі товарно-матеріальних цінностей підприємств на кінець 2015 року зменшилась, то на кінець 2016 року вона збільшилась в 1,2 рази. Доля ж обігових коштів протягом 2016 року майже не змінилась. Фінансові ресурси підприємств на кінець 2016 року більш, ніж в 2 рази були вищими, ніж на кінець 2015 року. Вагому долю в фінансових ресурсах займає балансовий прибуток: 2015 рік – 50%, а 2016 – 25,9%.

Істотними показниками фінансово-економічної діяльності підприємств є продуктивність праці та рентабельність. Для аналізу продуктивності праці, як по регіону в цілому, так і по містах і районах області, використано формулу:

$$W = B / T, \quad (7)$$

де W – продуктивність праці; B – балансовий прибуток; T – чисельність працюючих.

Дані свідчать про те, що на більшості підприємств малого бізнесу вміло організовано виробничі процеси і це дає позитивні результати.

Другий відносний показник – рівень рентабельності P визначається як відношення прибутку від реалізації продукції R до собівартості реалізованої продукції C :

$$P = (R / C) \cdot 100\%.$$

Цей показник для підприємств малого бізнесу склав 3,9%, а для підприємств основного кола області – 1,7%. Показники свідчать про те, що малий бізнес працює значно ефективніше, і при умілому керівництві можна досягти ще вищих показників. Збитковими були тільки підприємства торгівлі, а підприємства виробничих галузей мали позитивні результати.

Показники ділової активності підприємств малого бізнесу також характеризують позитивні якості цього сектору економіки. Так, дебіторська заборгованість зробила за рік 4,79 обертів, оберт виконувався за 76 днів. Це дуже високий показник: в країнах з розвинутою економікою норматив складає 4,9 обороту.

Витрати на одну гривню виручки склали 0,8 грн., а у підприємств основного кола вони на 11,25% вищі.

Для визначення фінансового стану підприємств визначено показники ліквідності та платоспроможності. Показник абсолютної ліквідності на початок року складав 6%, а на кінець – ще менше (5%) при нормативному значенні 25-30%.

Коефіцієнт швидкої ліквідності змінювався на протязі року з 0,74 до 0,83 (при нормативному значенні з 0,5 до 1,0). Зростання цього показника є свідченням того, що покращуються умови для зменшення дебіторської заборгованості.

Показник загальної ліквідності показав, що практично підприємства малого бізнесу не мали можливостей погасити кредиторську заборгованість тому, що на кожну гривню кредиторської заборгованості приходилось тільки 14 копійок ліквідних коштів.

Для визначення фінансової стійкості визначено коефіцієнт автономії, який мав значення 0,43 на початок року і 0,36 на кінець року. А всі значення, менші ніж 0,5, вважаються критичними. Практично, не маючи в достатньому обсязі обігових коштів, підприємства малого бізнесу значно залежать від позичок. Про що і свідчить коефіцієнт співвідношення власних та позичкових коштів, який на протязі року змінився з 0,78 до 0,58. Тобто на кінець року на

кожну одиницю власних коштів, вкладених в активи підприємств, припадало майже в 2 рази більше позичкових коштів.

Виконуючи аналіз деяких показників діяльності підприємств малого бізнесу промисловості, було встановлено, що підприємства цієї галузі мають значний промисловий потенціал, вони здатні швидко та гнучко реагувати на зміни в процесі виробництва. Визначено долю підприємств цієї галузі в показниках діяльності підприємств малого бізнесу.

Доля продукції промислових підприємств малого бізнесу склала 22,9% від загального обсягу всіх малих підприємств. А виручка від реалізації продукції промислових підприємств становила всього 2,4% в обсязі промислового виробництва області. Промисловими підприємствами малого бізнесу одержано прибуток в сумі 38,2 млн. грн., що становить 21,5% від прибутку, одержаного всіма підприємствами малого бізнесу. На одну гривню виручки від реалізації продукції промислових підприємств одержано прибутку 0,1096 гривні, а всіх малих підприємств – в 3 рази менше (0,0376). Рівень рентабельності промислових підприємств склав 12,7%, це більш, ніж в 3 рази вище, ніж в цілому по підприємствах малого бізнесу.

Висновки

З позицій системного підходу до проблеми управління розвитком малого бізнесу в дослідженні відображено результати теоретичних, методологічних розробок і, відповідно до цілей дослідження, отримано такі результати:

1. Необхідно розробити концепцію системи контролінгу малого бізнесу, яка забезпечує якісно нову інтерпретацію ролі цієї системи в ринкових умовах господарювання.

2. Побудувати модель розвитку малого бізнесу з урахуванням виробничих факторів: одержання норми прибутку, ризику закриття підприємства, професіонального складу працюючих, попиту на продукцію, форми власності підприємства, кількості малих підприємств на 1000 мешканців. При цьому оптимізується зайнятість працездатного населення.

3. Виявлена модель, яка описує конкурентний статус підприємства, дозволяє вибрати шляхи та напрямки розвитку в сучасних конкурентних умовах.

4. Запропоновано контролінгову схему управління конкурентоздатністю підприємства малого бізнесу для вибору оптимальної стратегії розвитку.

Проведення діагностики стратегічної позиції підприємства дозволяє визначити фактори успіху, виконати аналіз оптимальної стратегії розвитку та здійснити вибір напрямку розвитку.

5. Аналіз інвестиційної проблеми з урахуванням обмежень пріоритетного розвитку, можливостей одержання інвестицій та реалізації проекту пріоритетного розвитку з використанням побудованої схеми дозволяє проводити контроль процесу впровадження цього проекту на територіях пріоритетного розвитку.

Конкуренція постійно створює суб'єктам ринку свої умови, в яких підприємствам доводиться відмовлятися від основного принципу реалізації товарів та послуг по фактичній оплаті, наслідком цього є зростання дебіторської заборгованості. Зростання треба постійно тримати під контролем.

Практичне значення дослідження полягає в наступному:

- набір моделей та методів реалізації ефективної системи контролінгового управління малим бізнесом є достатньо універсальним і придатним для управління підприємствами малого бізнесу різних видів діяльності, форм власності та організаційно-правових форм господарювання.

Література

1. Благодарный А.И. Анализ общего финансового состояния предприятий малого бизнеса области // Управление экономикой переходного периода: Сб. науч. тр. НАН Украины. Ин-т экономики пром-сти. Донецк, 2008. с.199-205 .
2. Благодарный А.И. Контроллинг деятельности малого бизнеса области // Менеджер. 2009. № 4. с. 67-73.
3. Гузь Н.Г., Благодарный А.И., Очкас М.В. Контроллинг в малом бизнесе // Новое в экономической кибернетике: сб. науч. тр. Модели контроллинга. Донецк: ДонГУ, 2009. №4. с.75-81 (0,25 д.а.). Пошукачем виконано аналіз діяльності малого бізнесу регіону, розроблено модель розвитку цього сектора економіки.
4. Орлова Н.А., Благодарный А.И., Трисеева Л.А. Проблемы малой приватизации объектов городского хозяйства // Проблемы развития современного города. Международный научно-практический семинар. ИЭПИ НАН Украины. Донецк, 2006. с. 143-145.
5. Трисеева Л.А., Балычевцева Г.И., Благодарный А.И.. Оценка состояния бытового обслуживания населения в связи с осуществлением малой приватизации // Реформирование хозяйственных комплексов городов Украины: Сб. науч. тр. НАН Украины. ИЭПИ Донецк, 1997. с. 215-224.

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.
Hrechak A.P., Dr. Econ. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **12.01.2017 р.**

ТРАНСПОРТНІ СПОРУДИ

УДК 519.24:001

Артеменко В.А., Петрович В.В., канд. техн. наук

SVD-ЕНТРОПІЙНИЙ МЕТОД АНАЛІЗУ ПРИРОДНИХ ЧАСОВИХ РЯДІВ

Анотація. Наведені основні положення методу *SVD*-ентропії, що базується на сингулярному розкладенні матриць.

Розглянуті питання кількісної оцінки *SVD*-ентропії та характер зміни її поведінки з часом відповідно до якості гідрологічних прогнозів.

Ключові слова: часові природні ряди, *SVD*-ентропія, ентропійний метод аналізу гідрологічних рядів, якість гідрологічного прогнозу.

УДК 519.24:001

Артеменко В.А., Петрович В.В., канд. техн. наук

SVD-ЭНТРОПИЙНЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА ПРИРОДНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Аннотация. Приведены основные положения метода *SVD*-энтропии, который базируется на сингулярном разложении матриц.

Рассмотрены вопросы количественной оценки *SVD*-энтропии и характер изменения ее поведения во времени применительно к качеству гидрологических прогнозов.

Ключевые слова: временные природные ряды, *SVD*-энтропия, энтропийный метод анализа гидрологических рядов, качество гидрологического прогноза.

UDC 519.24:001

Artemenko V.A., Petrovych V.V., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.)

SVD-ENTROPY ANALYSIS METHOD NATURAL TIME SERIES

Abstract. The principal method SVD-entropy based on singular matrix decomposition.

The questions SVD-quantitative assessment of the change in entropy and its behavior over time according to the quality of hydrological forecasts.

Keywords: natural time series, SVD-entropy, entropy analysis method hydrological series, the quality of hydrological forecast.

Введение

В технике анализа временных рядов важное место занимают методы, основанные на расчетах энтропий. Энтропии являются достаточно информативными параметрами, количественно характеризующими состояние различных систем.

Энтропии характеризуют либо сложность поведения (отдельных процессов), либо сложность строения, либо другие сложности в изучаемой системе [1,2].

В упрощенной трактовке энтропия указывает на степень непредсказуемости (хаотичности) в поведении анализируемой системы: чем больше величина энтропии, тем более непредсказуемое поведение система демонстрирует, тем труднее ее прогнозировать. Заметим, что данное положение относится именно к природным временным рядам.

В статье рассматриваются основные принципы SVD- энтропии временных рядов и анализируются тенденции в ее поведении применительно к гидрологическим рядам.

Метод анализа

В настоящее время предложено большое число различных энтропий. При этом в итоговых расчетах применяется в основном классическая формула для информационной энтропии К.Шеннона [3].

В конце 90-х годов прошлого века был введен в практику вид энтропии, основанный на использовании сингулярного разложения матриц (SVD).

Для расчета данной энтропии необходимо знать только сингулярные числа для *SVD*-разложения исходной матрицы. Однако в нашем случае имеется обычный временной ряд, то есть вектор, поэтому исходный ряд должен быть вначале преобразован в матрицу. Такая матрица в хаотической динамике носит название траекторной матрицы, или реконструированного аттрактора.

В настоящее время существует целый ряд методов, позволяющих по одномерному ряду восстановить (реконструировать) аттрактор.

Нами в этой связи был использован наиболее простой метод реконструкции аттрактора – метод Такенса временных задержек [4]. Как известно, этот метод требует знания двух параметров: величины временной задержки (*TAY*) и размерности пространства реконструированного аттрактора (*DIMENSION*, или сокращенно *DIM*). Обычно при реконструкции аттрактора используются конкретные величины *TAY*, которые определяются при помощи специальных методов. В данном случае значение *TAY* принудительно устанавливалось равным единице (*TAY=1*). Это означает, что каждая точка исходного одномерного ряда (вектора) будет обязательно присутствовать в реконструированном аттракторе (матрице реконструированного аттрактора). Другими словами, любая информация при формировании такой матрицы (аттрактора) не будет утеряна.

Что касается параметра *DIM* (числа столбцов полученной траекторной матрицы), то для большинства исследуемых нами природных рядов эта величина может быть принята равной *DIM=14*.

В настоящий момент в хаотической динамике хорошо изученными остаются только маломерные системы. Тем не менее, большинство природных рядов – это именно ряды с большой размерностью фазового пространства. Понятно, что для таких рядов мы не можем гарантировать в полной мере низкую размерность соответствующих динамических систем. В этой связи величина *DIM*, возможно, должна была бы иметь значительно большее значение, чем *DIM=14*. Однако даже при *DIM=182* мы получили не очень большое отличие в значениях *SVD*-энтропии для всех анализируемых нами рядов. При этом качественная картина процесса оставалась практически такой же.

Выбрав соответствующее значение *DIM=14*, далее будем придерживаться этого значения во всех проводимых нами численных экспериментах. Как

известно, количество значимых (наиболее больших по величине) сингулярных чисел прямым образом зависит от количества динамических компонент системы. То есть по энтропии, определяемой на основании значений сингулярных чисел, можно характеризовать (измерять) сложность исследуемого сигнала.

Однако в начале сингулярные значения должны быть нормированы путем деления каждого сингулярного значения на общую сумму всех сингулярных значений:

$$\sigma_j = \frac{\sigma_j}{\sum_{i=1}^N \sigma_i}, \quad (1)$$

где σ_j – нормализованное j - сингулярное значение;

σ_j – исходное j - сингулярное значение;

N – общее число сингулярных значений (сингулярных чисел).

Далее рассчитывается собственно энтропия:

$$H_{SVD} = - \sum_{j=1}^{J=N} \sigma_j * \log \sigma_j. \quad (2)$$

Как видно, при вычислении SVD -энтропии использовался натуральный логарифм (логарифм по основанию $EXP(1) \approx 2,7183$). Обычно в литературе выражение (2) считают полученным значением SVD -энтропии (т. е. вещественным числом).

В нашей работе мы использовали также нормировку энтропии, заданной выражением (2). После такой нормировки значение энтропии будет находиться в диапазоне значений $[0; 1]$, что существенно облегчает интерпретацию полученных результатов. Сама нормировка выполняется путем деления (2) на $\log(N)$.

Пакет процедур для вычисления SVD -энтропии природных временных рядов был разработан и реализован на языке программирования *MATLAB*. Код без существенных модификаций работает также в таких бесплатных аналогах *MATLAB* как *OCTAVE* и *FREEMAT* (как в *WINDOWS*, так и *LINUX*).

Программная реализация следует расчетным формулам (1) и (2), однако имеет и ряд алгоритмических тонкостей, которые хорошо прослеживаются в приведенном ниже программном коде.

```
function [ E ] = SVD_ENTROPY( INPUT_SERIES , DIMENSION , TAY );
E = [ ];
if IS_SERIES( INPUT_SERIES ) == false
return
end
if IS_POSITIVE_INTEGER_NUMBER( DIMENSION ) == false
return
end
if IS_POSITIVE_INTEGER_NUMBER( TAY ) == false
return
end
if DIMENSION < 2
return
end
INPUT_SERIES = INPUT_SERIES( : );
ATTRACTOR = ATTRACTOR_RECONSTRUCTION( INPUT_SERIES ,
DIMENSION , TAY );
if isempty( ATTRACTOR ) == true
return
end
SZ1 = size( ATTRACTOR , 1 );
SZ2 = size( ATTRACTOR , 2 );
if ( SZ1 < 2 ) | ( SZ2 < 2 )
return
end
ATTRACTOR = ATTRACTOR - mean( ATTRACTOR( : ) );
S = svd( ATTRACTOR );
L = length( S );
S( S <= eps ) = eps;
SS = S ./ sum( S );
E = - sum( SS .* log( SS ) ) ./ log( L );
if std( ATTRACTOR( : ) ) == 0
E = 0;
end
```

```
end
function [ ATTRACTOR ] = ATTRACTOR_RECONSTRUCTION(
INPUT_SERIES , DIMENSION , TAY ;
ATTRACTOR = [ ];
if IS_SERIES( INPUT_SERIES ) == false
return
end
if IS_POSITIVE_INTEGER_NUMBER( DIMENSION ) == false
return
end
if IS_POSITIVE_INTEGER_NUMBER( TAY ) == false
return
end
INPUT_SERIES = INPUT_SERIES( : );
SZ = length( INPUT_SERIES );
1
SZ1 = SZ - ( DIMENSION - 1 ) .* TAY;
if SZ1 < 1
return
end
SZ2 = DIMENSION;
ATTRACTOR = zeros( SZ1 , SZ2 );
INDX1 = 0;
INDX2 = 0;
for J = 1 : SZ2
INDX1 = 1 + ( J - 1 ) .* TAY;
INDX2 = SZ - ( SZ2 - J ) .* TAY;
ATTRACTOR( : , J ) = INPUT_SERIES( INDX1 : INDX2 );
end
end
function [ ANS ] = IS_POSITIVE_INTEGER_NUMBER( N );
ANS = false;
if isempty( N ) == true
return
```

```
end
if isnumeric( N ) == false
return
end
if isscalar( N ) == false
return
end
if isnan( N ) == true
return
end
if isinf( N ) == true
return
end
if isreal( N ) == false
return
end
if N ~= fix( N )
return
end
if N < 1
return
end
ANS = true;
end
function [ ANS ] = IS_SERIES( S );
ANS = false;
if isempty( S ) == true
return
end
if isnumeric( S ) == false
return
end
2
if isreal( S ) == false
```

```
return
end
if isvector( S ) == false
return
end
if any( isnan( S ) ) == true
return
end
if any( isinf( S ) ) == true
return
end
ANS = true;
end
```

SVD-энтропия гидрологических временных рядов

Для оценки SVD-энтропии гидрологических рядов были использованы среднесуточные данные расходов, содержащие 365 значений в году. Данные за 29 февраля високосных годов из рассмотрения исключалось, что было сделано для упрощения процедуры обработки данных.

На рисунке 1 приведен рассчитанный график SVD-энтропии для р. Десна.

Энтропия рассчитывалась для каждого года отдельно, начиная с 1900 года и заканчивая 2004 годом включительно (всего 105 точек ряда). Для большей наглядности графика были проведены тренды в виде прямых линий.

Тренд *A* демонстрирует заметное уменьшение энтропии за весь анализируемый период. При этом максимальное ее значение не превосходило величины 0,55. Тренд *B* был проведен через данные по энтропии, начиная с 1900 г. и заканчивая 1970 годом. С позиций этого линейного тренда видно, что за этот период энтропия также уменьшалась, хотя и крайне незначительно. Что касается тренда *C*, то график энтропии за период 1970...2004 годы имеет существенный наклон, величина ее резко снижается.

Таким образом, можно говорить о том, что анализируемый ряд среднесуточных расходов в целом по своему поведению достаточно упорядочен и предсказуем.

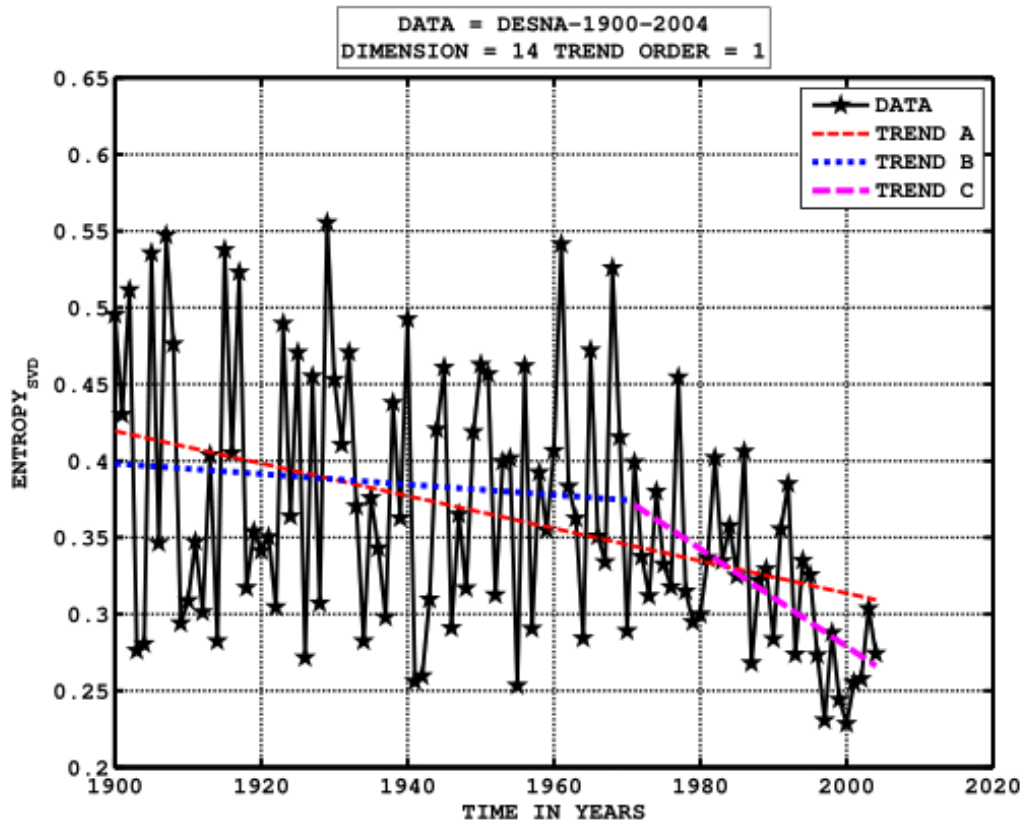


Рисунок 1 – Графік SVD-ентроpii для р. Десна

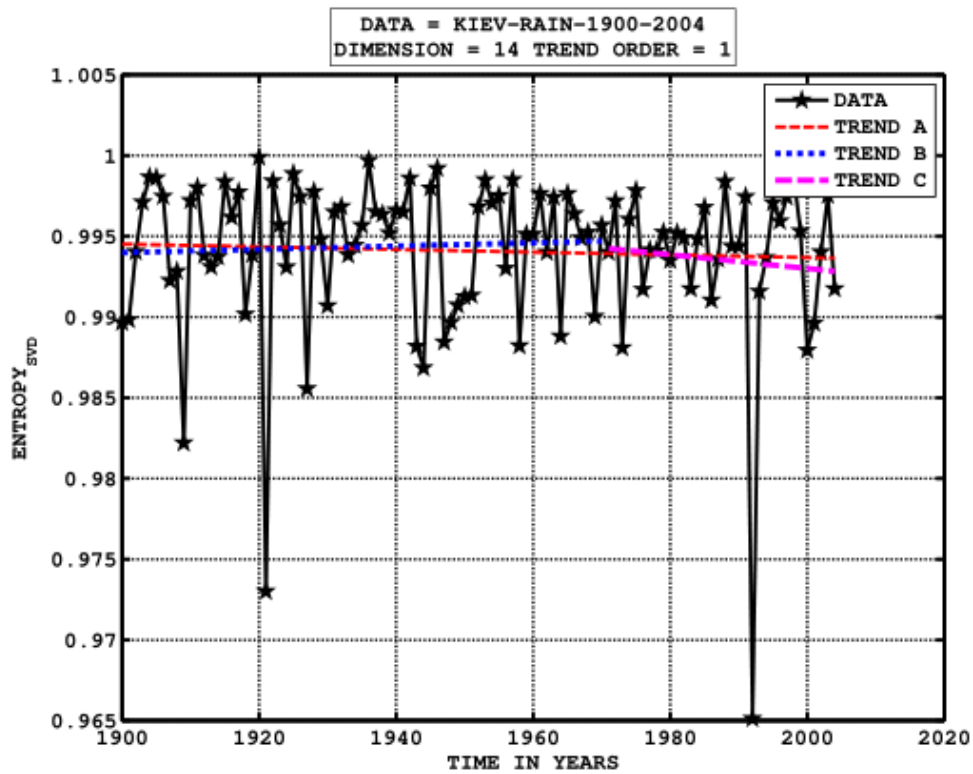
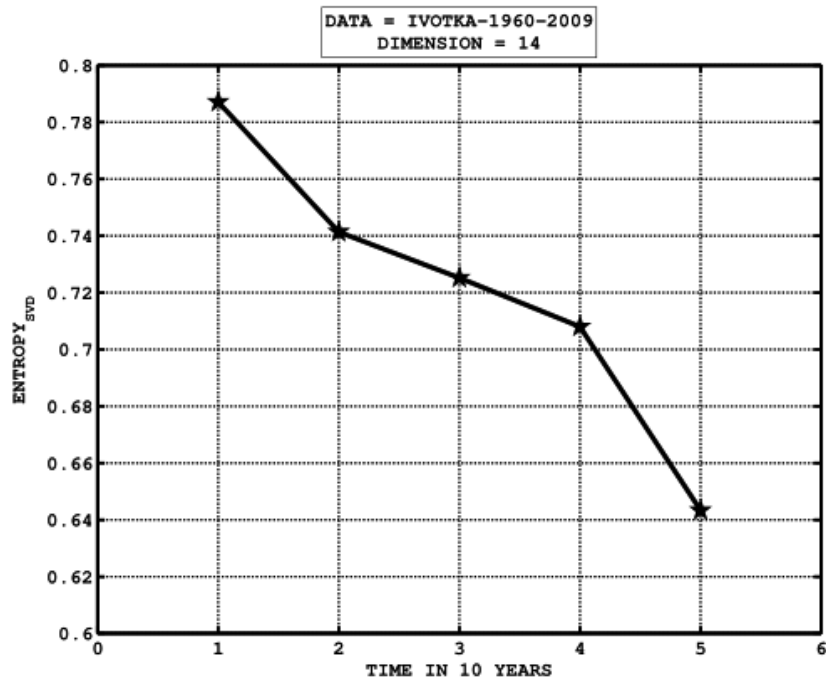


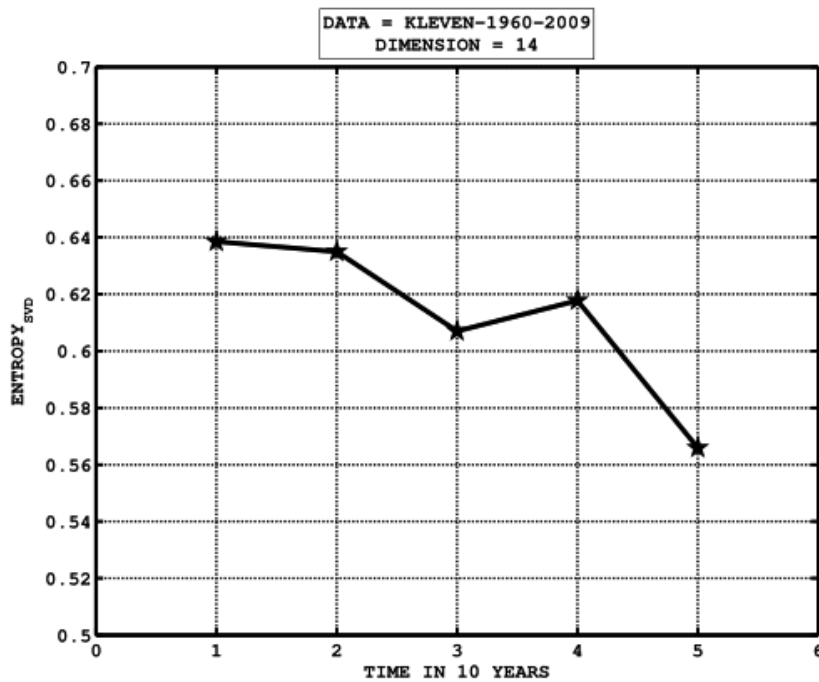
Рисунок 2 – SVD-ентропия временного ряда осадков

Для сравнения, рассчитанная SVD-энтропия для ряда осадков демонстрирует близость ее численных значений к единице (см. рис. 2), что говорит о высокой степени непредсказуемости.

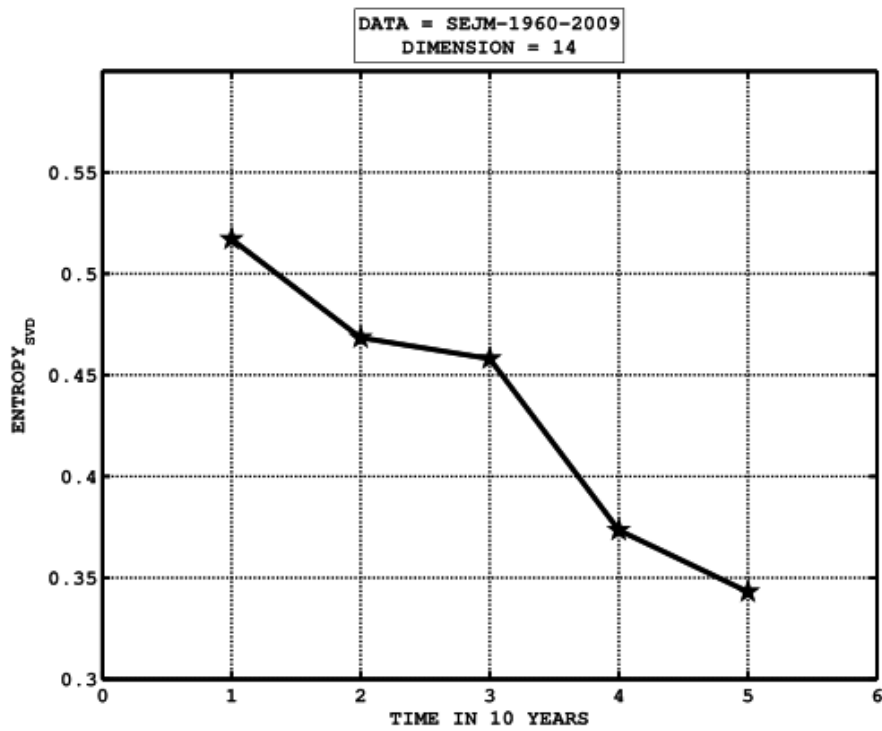
Проанализируем далее результаты расчетов SVD-энтропии для четырех равнинных рек, принадлежащих бассейну р. Десна и отличающихся по величине среднесуточных расходов (рис.3).



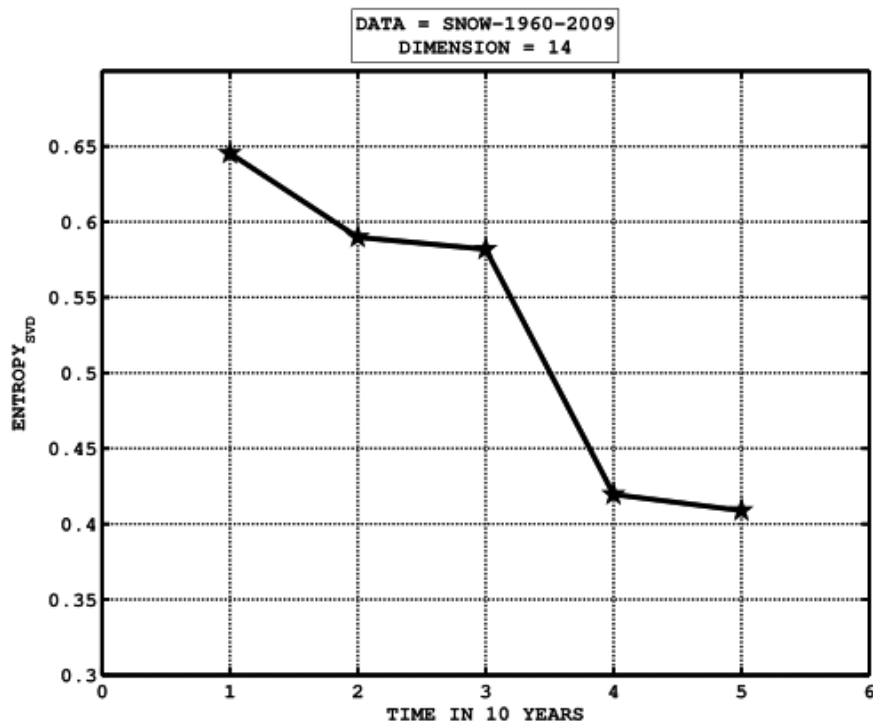
a)



б)



В)



Г)

Рисунок 3 – Результаты расчетов SVD-энтропии для рек Ивотка (а), Клевен (б), Сейм (в) и Снов (г)

В данном случае также четко прослеживается существенное уменьшение энтропии за рассматриваемый период наблюдений для всех четырех рек. Если

такая тенденция в ближайшем будущем сохранится, следует ожидать дальнейшего улучшения качества гидрологических прогнозов. Однако необходимо отметить, что речь идет о среднем качестве прогнозов. При этом нет полной уверенности в том, что аномальные значения расходов будут также предсказываться лучше. Понятно, что значение энтропии природных рядов не может все время уменьшаться, поскольку ее долговременное изменение на самом деле носит сложный колебательный характер.

Выводы

Изложены свойства SVD-энтропии применительно к анализу гидрологических временных рядов. Как показали проведенные исследования, для разных рек одного бассейна наблюдается согласованное поведение их SVD-энтропий. При этом четко прослеживается уменьшение энтропий по ходу времени.

С точки зрения практики это означает, что качество гидрологических прогнозов, полученных для периодов последних десятилетий с помощью адекватных методов, будет заведомо лучше, чем для прогнозов первых десятилетий всего рассмотренного временного интервала.

Если такая тенденция в поведении SVD-энтропий сохранится, можно ожидать дальнейшего улучшения качества прогнозов.

Література

1. Вильсон А. Дж. Энтропийные методы моделирования сложных систем. – М.: Наука, 1978. – 248 с.
2. Чумак О.В. Энтропии и фракталы в анализе данных. – М.: –Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2011. – 164 с.
3. Шеннон К.Э. Работы по теории информации и кибернетике. – М.: Изд-во иностр. лит., 1963. – 829 с.
4. Безручко Б.П. Математическое моделирование и хаотические временные ряды/ Б.П. Безручко, Д.А. Смирнов. – Саратов: ГосУНЦ «Колледж», 2005. – 320 с.

Рецензенти:

Кузло М.Т., д-р техн. наук, Національний університет водного господарства та природокористування.

Гончаренко Ф.П., канд. техн. наук, ДП “Укрдипроддор”.

Reviewers:

Kuzlo M.T., Dr.Tech.Sci., Kuzlo M.T., Dr. Tech. Sci., National University of Water and Environmental Engineering..

Honcharenko F.P., Ph.D., “Ukrdiprodor”.

Стаття надійшла до редакції: **16.01.2017 р.**

УДК 691.328.43+624.042.8

Гамеляк І.П., д-р техн. наук, Коваль Т.І.

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИПРОБУВАНЬ НА ВТОМУ БЕТОНИХ ПЕРЕРІЗІВ ЕЛЕМЕНТІВ АРМОВАНИХ НЕМЕТАЛЕВОЮ КОМПОЗИТНОЮ БАЗАЛЬТОПЛАСТИКОВОЮ АРМАТУРОЮ

Анотація. В статті наведено один із альтернативних способів армування бетонних конструкцій автомобільних мостів неметалевою композитною базальтопластиковою арматурою для уникнення процесів корозії та запропоновано спосіб дослідження таких конструкцій на витривалість.

Об'єкт дослідження - розробка та удосконалення методики випробувань базальтобетонних зразків на витривалість в лабораторних умовах.

Мета дослідження - спираючись на попередні дослідження витривалості різних матеріалів, визначити методику випробування базальтобетонних зразків.

Методи дослідження: - аналітичні.

Проблема корозійної стійкості мостових споруд існує від самого народження ідеї залізобетонних мостів. Застосування неметалевої композитної базальтопластикової арматури, завдяки її фізико-механічним якостям, може стати вирішенням цієї проблеми. Але на сьогоднішній день в Україні немає нормативних документів, які би могли дозволити використовувати неметалеву базальтопластикову арматуру у мостобудівництві з огляду на малодосліджену роботу таких споруд при дії багаторазово повторюваного циклічного навантаження, тобто конструкцій, які потребують розрахунку за першою групою граничних станів на витривалість. Отже, з метою розширення сфери застосування неметалевої базальтопластикової арматури і вирішенню питання корозійної вразливості мостів, проводиться масштабне дослідження роботи базальтобетонних конструкцій на дію багаторазово повторюваного навантаження і в рамках даної статті описується методика проведення таких експериментів та результати по випробуваному за розробленою методикою першому зразку.

Результати статті будуть використані для подальших досліджень роботи базальтобетонних споруд на витривалість.

Прогнозні припущення щодо об'єкту дослідження – удосконалення методики випробувань базальтобетонних зразків на витривалість дозволить підібрати оптимальний набір параметрів, що будуть описувати зміну напружено-деформаційного стану таких конструкцій в процесі експлуатації.

Ключові слова: базальтобетон, довговічність, методика випробувань, надійність, неметалева композитна базальтопластиковая арматура.

УДК 691.328.43+624.042.8

Гамеляк И.П., д-р техн. наук, Коваль Т.И.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЙ НА УСТАЛОСТЬ БЕТОННЫХ СЕЧЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ, АРМИРОВАННЫХ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ КОМПОЗИТНОЙ БАЗАЛЬТОПЛАСТИКОВОЮ АРМАТУРОЙ

Аннотация. В статье приведен один из альтернативных способов армирования бетонных конструкций автомобильных мостов неметаллической композитной базальтопластиковой арматурой во избежания коррозионных процессов и предложено способ исследования таких конструкций на выносливость.

Объект исследования – разработка и усовершенствование методики испытаний базальтобетонных образцов на выносливость в лабораторных условиях.

Цель работы – опираясь на предыдущие исследования выносливости разных материалов, определить методику испытаний базальтобетонных образцов.

Методы исследования – аналитические.

Проблема коррозионной стойкости мостовых сооружений существует с самого рождения идеи железобетонных мостов. Применение неметаллической композитной базальтопластиковой арматуры, благодаря ее физико-механическим качествам, может стать решением этой проблемы. Но на сегодняшний день в Украине нет нормативных документов, которые бы могли позволить использовать неметаллическую базальтопластиковую арматуру в мостостроении учитывая малоисследованную работу таких сооружений при действии многократно повторяющейся циклической нагрузки, то есть конструкций, требующих расчета по первой группе предельных состояний на

выносливость. Поэтому, с целью расширения сферы применения неметаллической базальтопластиковой арматуры и решению вопроса коррозионной уязвимости мостов, проводится масштабное исследование работы базальтобетонных конструкций на действие многократно повторяющейся нагрузки и в рамках данной статьи описывается методика проведения таких экспериментов, а также результаты по испытанном по разработанной методике первом образце.

Результаты статьи будут использованы для дальнейших исследований работы базальтобетонных сооружений на выносливость.

Прогнозы относительно объекта исследования - совершенствование методики испытаний базальтобетонных образцов на выносливость позволит подобрать оптимальный набор параметров, которые будут описывать изменение напряженно-деформационного состояния таких конструкций в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: базальтобетон, долговечность, методика испытаний, надежность, неметаллическая композитная базальтопластиковая арматура.

UDC 691.328.43+624.042.8

Gameliak I.P., Dr. Tech. Sci., **Koval T.I.**

IMPROVEMENT OF METHODS FOR FATIGUE OF THE CONCRETE ELEMENT SECTIONS, REINFORCED NON-METALLIC COMPOSITE BASALT REBAR

Abstract. One of alternative ways of concrete bridges elements reinforced by basalt fiber reinforced polymer composites (BFRP) armature is shown in this article. This reinforcement could be using for corrosion processes avoidancing in bridges. Also article proposes the method of laboratory fatigue research of such elements samples. The object of study – Developing and improving of fatigue researching of concrete samples with BFRP in laboratory conditions method.

Purpose – based on previous studies of endurance different materials, to determine the method of concrete sample with BFRP testing.

Research methods – analytical.

The problem of corrosion resistance bridges exist from birth the idea of reinforced concrete bridges. The use of BFRP, due to its physical and mechanical qualities, may be the solution to this problem. But today in Ukraine there are no regulations that would allow using BFRP in building of bridges because of unexplored structures in the repetitive action of cyclic loading, that means that structures with require payment for the first group of limiting states of endurance. So, in order to expand the scope of BFRP reinforcement corrosion and the issue of vulnerability of bridges, carried out large-scale study of the effect concrete elements with BFRP designs repetitive stress and this article describes the technique of these experiments and the results on the subject developed technique for the first sample.

The results of the article will be used for further research work щтсукыey facilities with BFRP endurance.

Projected assumptions about the object of study - improving testing methods concrete samples with BFRP endurance will choose the best set of parameters describing the change of the stress-strain state of structures in service.

Keywords:basalt fiber reinforced polymer composites (bfrp) armature, concrete with bfrp, fatigue, calculating method, durability.

Постановка проблеми

Відомо, що однією з головних проблем у сфері мостобудівництва є корозія металевих елементів споруди [1, 2, 3]. Корозія сталевих конструкцій транспортних споруд може зменшити термін служби із проектних 100 до фактичних 25 років. Навіть у залізобетонних конструкціях, де арматура захищена бетоном, при впливі ряду негативних факторів, виникає корозія, що зменшує несну здатність елементів споруд. У практиці влаштування залізобетонних конструкцій існує ряд методів для запобігання цьому руйнівному процесу: збільшення товщини захисного шару, обробка арматури полімерними апретуючими складами, армування нижньої зони стрічками, заміна металевої арматури на неметалеву тощо [1]. Останній спосіб є одним з найбільш ефективних.

Аналіз новітніх досліджень

Неметалева композитна арматура – це композитний матеріал, який поставляється у вигляді стрижня періодичного профілю, може мати різну площу поперечного перерізу і виготовляється шляхом спіральної обмотки

стрижня джгутом із вдавлюванням його у тіло стрижня або без вдавлювання джгута. Цей виріб для армування бетону є альтернативою металу і має таку властивість, як діелектричність, що дозволяє використовувати таку арматуру при спорудженні будівель спеціального призначення, а також шляхопроводів через залізницю. Доцільним застосуванням такої арматури може бути у конструкціях, які зазнають впливу агресивного середовища. Типовим прикладом такої конструкції є плита проїзної частини мосту.

Перша державна програма по дослідженню і застосуванню композитної арматури "Застосування технології композитних матеріалів у проектуванні і будівництві мостів" була прийнята Міністерством транспорту США у 1983 році. В рамках цієї програми розроблялись проекти по використанню композитної арматури для реконструкції існуючих мостових конструкцій і зведенню нових [4].

На сьогоднішній день в Україні досить добре досліджено характер спільної роботи бетону та неметалевої композитної базальтопластикової арматури [5 - 8] і діють нормативні документи, які регламентують сферу застосування неметалевої арматури [9, 10]. Однак, нормативний документ [9] не дозволяє використовувати базальтопластикову арматуру в конструкціях, що розраховуються на витривалість та зазнають впливу багаторазово повторюваного змінного навантаження. Тому необхідне проведення комплексних досліджень роботи бетонних конструкцій, армованих стрижнями базальтопластикової арматури на дію динамічного навантаження. Такі випробування характеризуються значними трудозатратами, є матеріалоємними та потребують багато часу. Для раціональних витрат ресурсів необхідний теоретичний опис процесу та розроблення відповідної методики випробувань.

Постановка мети і задач досліджень

Мета дослідження роботи бетонних балкових елементів, армованих неметалевою композитною базальтопластиковою арматурою, полягає у вивченні процесу втоми (витривалості) та розроблення методики випробувань при заданому напружено-деформованому стані конструкцій у разі впливу на них багаторазово повторюваного навантаження для розширення сфери застосування базальтопластикової арматури у мостобудівництві. Виходячи з цієї мети передбачаються наступні задачі:

1. Спираючись на математичну модель, яка встановлює закони зміни втомної міцності неметалевої арматури [11] розробити теоретичну модель втоми згинаних елементів при заданому напружено-деформованому стані базальтобетонних зразків при дії на них багаторазово повторюваного навантаження.

2. Спроекувати склад мостового цементобетону та виготовити армовані базальтопластиковою арматурою зразки для лабораторних досліджень.

3. Виконати експериментальні дослідження на декількох рівнях навантаження.

4. Провести аналіз отриманих даних та удосконалити методику модельних випробувань на втому.

Прилади і матеріали

Для досліджень в лабораторії підібрано склад мостового бетону класу міцності не менше В 35.

Осадка конусу суміші склала 4 см згідно із дотриманням необхідної методики оцінки, що означає, що бетонна суміш була малорухомою. Як відомо, такий показник рухливості бетонної суміші підходить для монолітних конструкцій, бетонування стін, неармованих, або малоармованих конструкцій.

Були проведені експериментальні дослідження отриманого бетону згідно із діючим нормативним документом [12], в результаті яких встановлено, що призмova міцність бетону зразків складає 52,8 МПа. відповідно до діючих мостових норм [13], а саме п. 3.25 та 3.26, встановлення параметру розрахункового опору при дії на них повторних навантажень бетону на стиск відбувається із врахуванням коефіцієнтів умов роботи, наведених у формулі (1):

$$R_{bf} = 0,6 \cdot \beta_b \cdot \varepsilon_b \cdot R_b, \quad (1)$$

де: $\beta_b = 1,21$ - коефіцієнт, що враховує збільшення міцності бетону в часі;

$\varepsilon_b = 1,10$ - коефіцієнт, який залежить від асиметрії циклу повторюваних напружень, який прийнято як 0,33.

Отже, розрахунковий опір бетону дослідних зразків становитиме:

$$R_{bf} = 0,6 \cdot 1,21 \cdot 1,10 \cdot 52,8 = 42,17 \text{ МПа}. \quad (2)$$

Оскільки мета дослідження передбачає отримання експериментальних даних по характеру тріщиноутворення, то проект зразків передбачав конструкції із вираженою "зоною чистого згину". Тому вони були виконані у вигляді бетонних балок із геометричними розмірами 100x200x2100 мм із одним

стрижнем робочої базальтопластикової арматури по всій довжині зразка, об'єднаним із двома металевими стрижнями довжиною 700 мм за допомогою металевих хомутів (рис. 1).

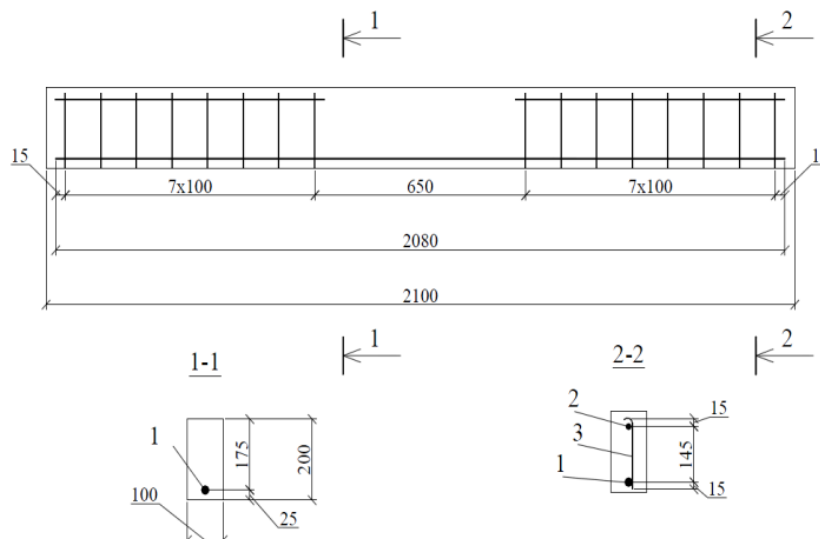


Рисунок 1 – Конструкція залізобетонної балки: 1 – стрижень базальтопластикової арматури; 2 - 2Ø6 Вр-I; 3 - 16Ø6 Вр-I

Загалом передбачено 10 зразків бетонних балок (кожна балка має шифр серії «Б») із різними діаметрами робочої арматури: Ø4; 6; 8; 10; 12 мм. Отже, програма експериментальних дослідів включає в себе випробування 5-ти серій зразків, які класифіковані за площею армування.

Серія Б призначена для вивчення роботи базальтобетонних згинаних елементів з різною площею армування та різним очікуваним типом руйнування при дії багаторазово повторюваного навантаження стаціонарних та нестаціонарних режимів (сталі показники характеристики циклу навантаження та різні рівні навантаження). Серія включає 5 пар балок-близнюків з однаковими діаметрами стрижнів арматури. Серія поділена на 2 групи балок, які відрізняються умовами циклічного навантаження. Випробування зразку 1-ї групи I Б-1, починають в режимі з рівнем максимального навантаження циклу $\gamma_1=0,6$. Зразок, що витримав 1,2 млн. циклів цього режиму, випробовують при вищому рівні навантаження. У випадку руйнування зразка серії I Б-1 при певному рівні γ_i , його зразок-близнюк починають випробовувати одразу при цьому ж, останньому, рівні навантаження. Слід врахувати, що при гарантованому проходженні зразка з меншим відсотком армування певного етапу, зразки із більшим відсотком армування слід завантажувати одразу при

вищих рівнях. (рис. 2). Схожа методика була використана у роботі [14] і показала, що при обмеженій кількості зразків та ресурсів можна отримати повну картину витривалості балкових елементів.

На даному етапі така кількість циклів, відмінна від класичної у 2 млн. циклів, зумовлена роботою стрижнів базальтопластикової арматури на багатоциклічні навантаження, а саме із наявністю двох умовних режимів роботи, що може бути пов'язано із особливістю сумісної роботи полімерного в'язучого та базальтового волокна в неметалевій композитній базальтопластиковій арматурі [11].

Коефіцієнт асиметрії циклу навантаження прийнятий однаковий для кожної групи $\rho_m=0,33$.

Кожні пройдені 100000 циклів, динамічний режим призупиняється і проводиться контроль відносних деформацій, прогинів та тріщиноутворення зразка при навантаженні балки в статичному режимі в 4 кроки: при відсутньому навантаженні, із навантаженням, що відповідає нижньому рівню навантаженню циклу, із навантаженням, яке відповідає верхньому рівню навантаженню циклу та при нульовому навантаженні. По закінченню цієї процедури починається наступний етап динамічного впливу на зразок.

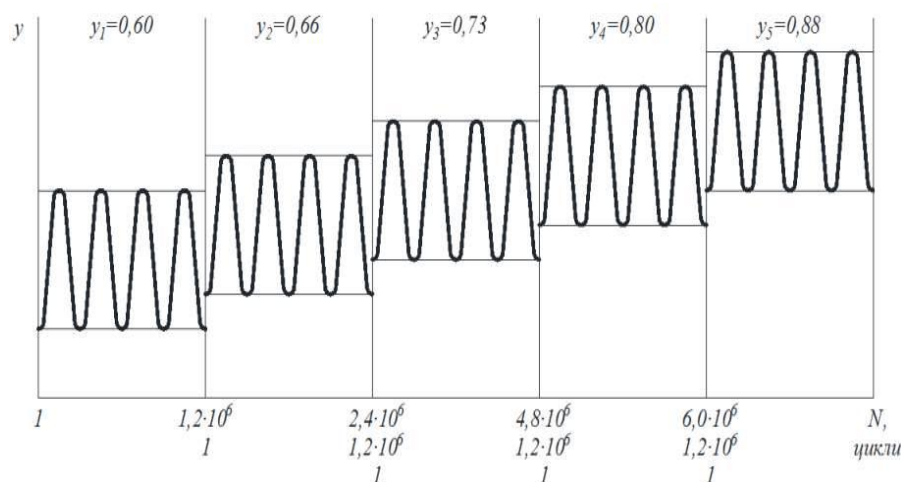


Рисунок 2 – Схема зміни циклічного навантаження для зразків при нестационарних режимах багаторазового повторюваного навантаження

Враховуючи обмежену кількість зразків дуже важливою є розробка теоретичної бази досліджень.

Теоретичні дослідження (аналітичне обґрунтування методики)

При наявності однакових зразків, один з яких піддається дії повторних навантажень, що викликають в кожному циклі напруження з амплітудою σ_I (чи

відносну деформацію ε_I), а другий σ_{II} (чи ε_{II}), то відповідні числа середніх кількостей прикладань повторних навантажень, який матеріал здатний витримати до руйнування, пов'язані степеневою залежністю [11, 15].

$$\frac{N_I}{N_{II}} = \left(\frac{\sigma_{II}}{\sigma_I} \right)^{a_\sigma}, \quad \frac{N_I}{N_{II}} = \left(\frac{\varepsilon_{II}}{\varepsilon_I} \right)^{a_s}, \quad (3)$$

де a_σ , a_s - постійні (при чому $a_\sigma > a_s$), що залежить від виду та властивостей в'язучої речовини і практично не залежать від виду напружено-деформованого стану матеріалів (згин, стиск, розтяг).

Постійні a_σ , a_s геометрично виражають нахил прямої втоми в логарифмічних координатах (рис. 3) та мають такі характерні значення: для холодних бітумомінеральних сумішей 2...3; асфальтобетонів на бітумах середньої в'язкості - 3,5...5; гарячих асфальтобетонів на в'язких бітумах - 5,0...6,2; ґрунтів, укріплених цементом (вапном) - 12...16; для цементобетону - 16...37 [15].

Узагальнені в роботі проф. Б.С. Радовського [15] дані різних авторів [16 - 19] по випробуванню матеріалів на втому при згині зразків, їх стиску, згині на пружній основі, розтягу, розтягу і стиску при постійній амплітуді напруження або відносній деформації з різною тривалістю навантаження та періодами відпочинку зведені на рис. 3 Обробка даних полягала в тому, що результати випробувань перераховані для координат, при яких по осі ординат відкладено рівень навантаження - логарифм відношення σ/σ_{100} або $\varepsilon/\varepsilon_{100}$, де σ_{100} , ε_{100} - амплітудні значення напружень та деформацій, при яких зразки витримують в середньому 100 прикладань короточасного навантаження. По осі абсцис, прийнято відкладений логарифм кількості N повторних навантажень до руйнування зразка.

Цементобетон за даними 1, 2 - Мурдок, Хільсдорф, 3 - І. М. Грушко, 4 - А. Н. Зацепін, 5 - О. Я. Берг, Т. С. Каранфілов; цементогрунт: 6 - Л. А. Марков, Бофінгер, 8 - Г. В. Малеванський, Б. С. Радовський; вапногрунт: 7 - Альберг, Мак Вінн, 9 - Свансон, Томпсон; асфальтобетон: 10-14 - Бейкер і Пазанян, Т. Н. Калашнікова, А. В. Руденський, А. О. Салль, Пелл, 15 - Еверс, 16 - І. М. Щербаков, Б. С. Радовський, 17-19 - Кучера, Лукас, Тейлор; 20 - Пелл, 21 - І. В. Корольов, Г. Р. Фоменко, Ніжбоер; дьогтебетон: 22 - Тейлор, Пелл, Б. С. Радовський, І. М. Щербаков. На жаль, на сьогоднішній день подібні дані по

залізобетону авторам невідомі, а випробування на втому бетонних перерізів армованих базальтопластиковою арматурою до даного часу не виконувалися.

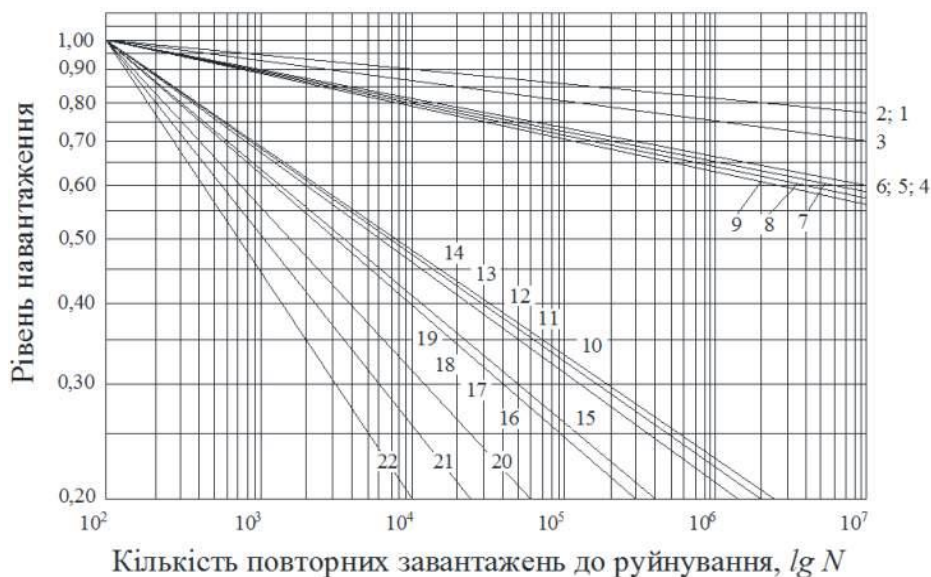


Рисунок 3 – Дані про опір дорожньо-будівельних матеріалів руйнуванню від втоми, де рівень навантаження відповідає $\lg \frac{\sigma}{\sigma_{100}}$; $\lg \frac{\varepsilon}{\varepsilon_{100}}$

Загальну втомну дію від повторних прикладань колісних навантажень різної величини вважають можливим визначати шляхом сумування за правилом Пальмгрена - Майнера. При цьому виходять з таких міркувань.

Припустимо, що при циклічних напружень з однаковими амплітудами σ_1 руйнування виникне через N_1^* циклів. Залежність між цими величинами відома з результатів випробувань на втому. Якщо такі ж напруження прикладені протягом N_1 циклів, при чому N_1 менше за N_1^* , то відбудеться часткове пошкодження зразка, що характеризується числом d_1 , яке називають пошкодженістю. Аналогічно при циклічних напруженнях з однаковими амплітудами σ_2 руйнування відбудеться через N_2^* циклів, а пошкодженість в результаті дії напруження σ_2 протягом N_2 циклів, де N_2 менше за N_2^* , можна охарактеризувати числом d_2 .

Згідно правила лінійного сумування пошкоджень вважається, що руйнування відбудеться коли сума пошкоджень від дії напружень з різними амплітудами складе одиницю:

$$d_1 + d_2 + \dots + d_k = 1, \text{ або } d_1 + d_2 + \dots + d_k = 1. \quad (4)$$

При цьому приймають, що пошкодженість внаслідок циклічної дії деякого напруження рівна відношенню фактичного числа циклів дії до повного числа циклів, яке привело б до руйнування внаслідок цього напруження.

Правило лінійного сумування пошкоджень не враховує впливу послідовності чергування великих та малих напружень. Насправді черговість дії напружень різного значення впливає на втомну довговічність, відповідно, в різних умовах навантаження може виникнути, якщо сума пошкоджень складає від 0,6 до 1,6 замість 1,0. Однак аналіз результатів випробувань дорожньо - будівельних матеріалів та суглинистих ґрунтів земляного полотна повторними навантаженнями свідчить, що в більшості випадків руйнуванню відповідає сума пошкоджень від 0,8 до 1,3. При цьому чим рандомніше чергуються великі та малі напруження, тим ближче сума пошкоджень в момент руйнування до одиниці. Отже, правило лінійного сумування може використовуватись для прогнозування довговічності дорожніх одягів, на чому і буде побудоване теоретичне обґрунтування методики випробувань базальтобетонних конструкцій.

Припустимо, що матеріал піддається N_1 проїздам коліс з навантаженням Q_1 , яке приводить до виникнення в конструкції напруження σ_1 на кожне, N_2 - з навантаженням Q_2 напруження σ_2 на кожне, ..., N_i - з навантаженням Q_i (σ_i) на кожне. Якби повторно діяли лише колеса з навантаженням Q_1 , що приводять до виникнення напружень σ_1 , руйнування наступило би після N_1^* проїздів; лише колеса з навантаженням Q_2 відповідні напруження σ_2 - через N_2^* проїздів і т. д. Тоді сумарну пошкодженість від q різних навантажень можна виразити у вигляді суми:

$$d_q = \sum_{i=1}^q \frac{N_i}{N_i^*}. \quad (5)$$

Замінімо дію транспортного потоку з різними навантаженнями рівноцінним йому за руйнівною дією числом проїздів N_p однакових навантажень Q_p , які приймаються за розрахункові:

$$d_q = \frac{N_p}{N_p^*}, \quad (6)$$

де N_p^* - число проїздів коліс з навантаженням Q_p до руйнування покриття.

Порівнюючи (3) і (4), отримуємо:

$$N_p = \sum_{i=1}^q \frac{N_p^*}{N_i^*} \cdot N_i^* \quad (7)$$

Відношення числа проїздів до руйнування під дією навантаження, що приймається за розрахункове, до числа проїздів до руйнування під дією довільного навантаження називають коефіцієнтом для приведення до розрахункового навантаження:

$$S_i = \frac{N_p^*}{N_i^*} \quad (8)$$

З врахуванням (6), фактичний різноманітний транспортний потік з різними колісними навантаженнями заміняють рівноцінним йому по руйнуючій дії числом прикладань розрахункових навантажень

$$N_p = \sum_{i=1}^q S_i \cdot N_i \quad (9)$$

Аналогічно коефіцієнту приведення S_i по (12), в роботі [19] введено поняття про сумарний коефіцієнт $S_{\text{сум}}$ для приведення автотransпортного засобу i -ої марки до розрахункового (нормативного для доріг даної категорії) навантаження на колесо:

У результаті циклічної дії навантаження в бетоні ще задовго до руйнування починають виникати мікротріщини. Вони формуються при невисоких напруженнях. В результаті циклічного деформування створюються умови для високої концентрації напружень: в мікрооб'ємах матеріалу відбувається процес накопичення непружної деформації, що обумовлено структурною та фізичною неоднорідністю бетону. Це явище можна математично виразити як:

$$S_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^m S_i, \quad (10)$$

де m - число осей в даного транспортного засобу, для приведення якого визначається коефіцієнт S_j сум.

При визначенні розрахункової (приведеної до нормативного навантаження) інтенсивності руху N_p використовується формула

$$P_p = f_{\text{пол}} \sum_{j=1}^k N_j \cdot S_{\text{сум}}, \quad (11)$$

де N_j - число проїздів за добу в двох напрямках транспортних засобів j -ї марки; $f_{\text{пол}}$ - коефіцієнт, що враховує число смуг руху та розподіл руху по них.

У роботі [17] експериментально отримано, що армування базальтовими волокнами та ґратками не змінює кута нахилу кривих втоми, тому можна прийняти, що $b_{\text{арм}} = b = 1/0,063 = 0,157 \approx 16$.

Графічна інтерпретація очікуваних результатів випробувань на втому при різних рівнях НДС наведена на рис. 4. Слід зауважити, що для кожної лінії тренду показник апроксимації $R = 1$. Дані, з яких зроблено такі попередні висновки наведені та описані нижче у роботі, а результати експериментальних випробувань наведено в табл. 1 - 4.

Якщо вважати, що $R(N)$ – теоретичний залишковий ресурс зразка після проходження ним заданої кількості циклів, то, застосувавши формули (4) – (11), можна вивести формулу теоретичного залишкового ресурсу конструкції:

$$R(N) = R_0 \cdot \left(1 - \frac{N}{N^*}\right)^{0,063}, \quad (12)$$

таким чином, співвідношення зусиль в перерізі балки і кількістю очікуваних циклів буде відповідати значенням, наведеним у табл. 5.

Експериментальні дослідження та їх аналіз

У рамках науково-дослідної роботи «Розробити рекомендації з проектування базальтобетонних конструкцій мостів і труб», договір № 127-12 від 30.07.2014 р., були виконані лабораторні дослідження із роботи базальтобетонних балок на дію статичного (ст.) та малоциклового (мц.) навантаження. Випробовувались зразки балок аналогічні до зразків у цій роботі. Результати досліджень наведені в табл. 1, в якій позначення ст. та мц. Означають типи навантаження при випробуванні: статичний метод та малоцикловий відповідно.

Середнє арифметичне значення навантаження тріщиноутворення у випробуваних зразках при дії статичного навантаження становить

$$P_{cr(сep)} = 8,440кН = 681,25кгс.$$

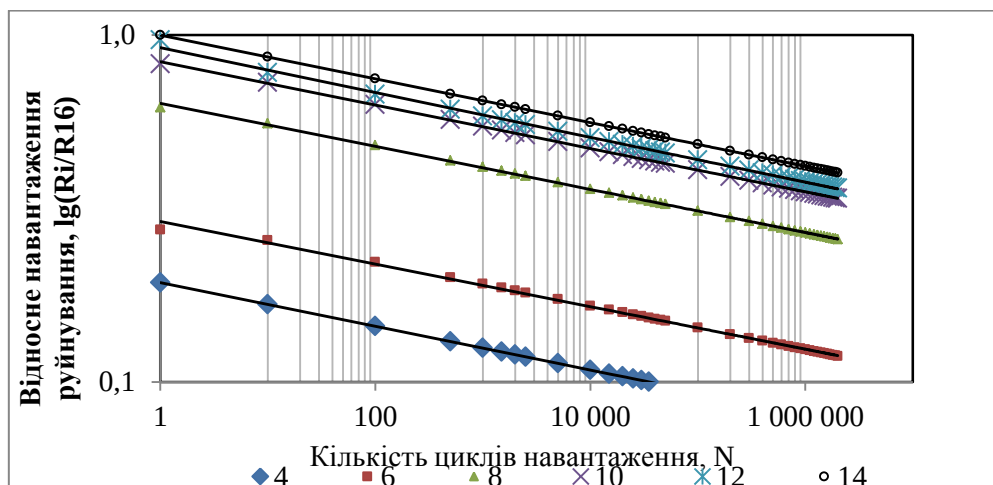


Рисунок 4 - Графічна інтерпретація випробувань на втому при різних рівнях напружено-деформованого стану (для діаметру стрижнів від 4 до 14 мм)

Середнє арифметичне значення навантаження тріщиноутворення у випробуваних зразках при дії малоциклового навантаження становить $P_{cr(сер)} = 8,440кН = 681,25кгс$.

До методики випробувань зразків балок, армованих стрижнями базальтопластикової арматури, прийемо за розрахункове навантаження $P_{cr(сер)} = 8,15кН = 831,0кгс \approx 380,0кгс$, оскільки така величина зручна як для розрахунків, так і для виконання операцій під час проведення експериментів, адже ціна поділки на силовимірювачі випробовувальної установки складає 10 кгс.

Таблиця 1 – Результати випробування бетонних зразків, армованих базальтопластиковою арматурою

Ø, мм	Метод навантаження	Навантаження руйнування, середнє між зразками - близнюками		Навантаження тріщиноутворення, середнє між зразками – близнюками	
		$P, кН$	$P, кгс$	$P_{cr}, кН$	$P_{cr}, кгс$
4	ст.	8,10	825,96	8,10	825,96
	мц.	8,10	825,96	8,10	825,96
6	ст.	11,50	1172,66	9,0	917,73
	мц.	13,28	1354,16	9,26	944,24
8	ст.	25,90	2641,02	8,0	815,76
	мц.	27,93	2848,02	8,01	816,78
10	ст.	34,54	3522,04	8,0	815,76
	мц.	36,04	3674,99	9,50	968,72
12	ст.	40,54	4133,86	7,50	764,78
	мц.	34,98	3566,91	8,81	898,36

Використовуючи ці дані, було визначено максимальні рівні навантаження беручи навантаження тріщиноутворення за початкове:

$$\gamma_{0,6} = 0,6 \cdot P_{cr(сер)} \cdot \quad (13)$$

І при проходженні кожного рівня слід підвищувати навантаження на зразки на 10%, як наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Залежність зміни рівнів навантаження від етапу

Номер етапу	Показник рівня навантаження	Максимальне навантаження рівня, кН	Мінімальне навантаження рівня, кН
1	$\gamma_{0,6} = 0,6 \cdot P_{cr(сер)}$	4,98	1,61
2	$\gamma_{0,66} = 0,66 \cdot P_{cr(сер)}$	5,38	1,78
3	$\gamma_{0,73} = 0,73 \cdot P_{cr(сер)}$	5,95	1,96
4	$\gamma_{0,8} = 0,8 \cdot P_{cr(сер)}$	6,52	2,15
5	$\gamma_{0,88} = 0,88 \cdot P_{cr(сер)}$	7,17	2,37

Обрана методика випробувань передбачає можливість відслідкувати ступінь деградації зразка в залежності від прикладених циклів динамічного

навантаження з періодичністю у кожні 100000 циклів. Для цього відбувається зупинка динамічного навантаження, під'єднання приладів та здійснення привантаження зразка двома ступенями навантаження: перше привантаження відповідає мінімальному навантаженню у циклі, друге привантаження відповідає максимальному навантаженню у циклі. Під час цих привантажень можна відслідкувати покази приладів та зафіксувати ширину розкриття тріщин, які вже виникли.

Також результати випробувань, згідно обраною методикою, можуть дозволити порівняти роботу зразків із неметалевою базальтопластиковою арматурою на витривалість зі звичайною металевою або металевою попередньо напруженою арматурою.

При правильному дотриманні прийнятої методики випробувань за результатами експериментів можна вичислити коефіцієнт умов роботи базальтобетонних перерізів при зазнаванні впливу багаторазово повторюваних навантажень.

Також по закінченню експериментальної частини можна буде прослідкувати залежності між:

- зміщенням стрижнів базальтопластикової арматури та кількістю циклів, які пройшов зразок;
- зміщенням стрижнів базальтопластикової арматури та рівнем навантаження на зразок;
- зміною висоти стиснутої зони у зразку від кількістю циклів, які пройшов зразок;
- зміною висоти стиснутої зони та рівнем навантаження на зразок.

За результатами випробувань згідно із обраної методики також можна встановити характер закону виникнення тріщин в базальтобетонних зразках при дії багаторазово повторюваного навантаження.

Результати теоретичного розрахунку статично-визначеної балки з однією рухомою, а іншою нерухомою опорою наведені в табл. 3.

Усі вищезгадані теоретичні напрацювання можна застосувати і для оцінки ресурсу базальтобетонних конструкцій. Якщо приймати, що у формулі (3) степінь першої половини рівняння прийнято за 16, тоді співвідношення зусиль в перерізі балки і кількістю очікуваних циклів буде відповідати значенням, наведеним у табл. 4.

Таблиця 3 – Значення найбільших моментів та найбільших зусиль у зразках в залежності від прикладеного навантаження

Етап	Навантаження, κH	Момент в перерізі, κHm	Зусилля в перерізі, MPa
I	0,49	0,326	47,19
	1,62	1,079	155,99
II	0,78	0,520	75,12
	2,45	1,632	235,91
III	0,88	0,586	84,73
	2,70	1,795	259,50
IV	0,98	0,653	94,36
	2,94	1,958	283,09
V	1,08	0,719	103,99
	3,26	2,171	313,90

Таблиця 4 – Залежність зусиль в перерізі та кількості прогнозованих циклів при $\rho=0,42$

Етап	Навантаження етапу F , κH	Момент в перерізі, M , κHm	Зусилля в перерізі, σ MPa	Кількість циклів, N
I	1,62	7,079	155,99	250 484
	0,65	0,432	62,46	
II	2,45	1,632	235,91	231 038
	0,98	0,653	94,41	
III	2,69	1,795	259,50	232 580
	1,08	0,718	103,81	
IV	2,94	1,958	283,09	233 853
	1,18	0,783	113,21	
V	3,26	2,170	313,90	232 653
	1,30	0,869	125,57	

Оскільки методикою передбачено, що для верхнього навантаження число становить частку від загального навантаження тріщиноутворення, а загальна кількість циклів, яку витримав практично кожен зразок при випробуваннях стрижнів базальтопластикової арматури складає гарантовані 1,2 мільйони циклів, то, підставивши ці значення у формулу (14), отримаємо значення нижнього рівня навантаження в етапі, яке би відповідало 0,42 від верхнього рівня навантаження. Тоді би рівень коефіцієнта асиметрії складав $\rho=0,42$. В такому випадку порядок цифр у прийнятій методиці випробувань набув значення як у табл 4.

$$\sigma_{\min} = \sqrt[16]{\frac{\sigma_{\max}}{N}}. \quad (14)$$

Але, як вже було зазначено вище, на сьогоднішній день ще достеменно не відомо які математичні залежності зусиль та кількості циклів фігурують у теорії базальтобетону. Тому коефіцієнт асиметрії прийнято як $\rho=0,33$, оскільки в багатьох літературних джерелах і у діючих нормах [20] динамічний коефіцієнт

прийнятий як збільшення діючого навантаження на 30%, а саме $(1+\mu)=1,3$. Очевидно, що автори переслідують мету закладання додаткових відсотків міцності і надійності у споруди, що будуються.

У такому випадку, прогнозування залишкового ресурсу в зразках балок теоретично буде виглядати як наведено у табл 5.

Таблиця 5 – Залежність зусиль в перерізі та кількості прогнозованих циклів при $\rho=0,33$

Етап	Навантаження етапу, F , кН	Момент в перерізі, M , кНм	Зусилля в перерізі, σ МПа	Кількість циклів, N
I	1,62	1,08	155,99	203 901 839
	0,49	0,33	47,182	
II	2,45	1,63	235,91	89 696 896
	0,78	0,52	75,106	
III	2,70	1,80	259,50	59 924 234
	0,88	0,59	84,734	
IV	2,94	1,96	283,09	43 095 407
	0,98	0,65	94,363	
V	3,26	2,17	313,90	47 511 178
	1,08	0,72	103,992	

Висновки

У рамках виконання роботи було виготовлено 5 серій зразків сумарною кількістю в 10 бетонних балок армованих стрижнями різних діаметрів неметалевої базальтопластикової арматури.

На основі математичної моделі оцінювання надійності неметалевої стрижневої арматури та отриманих даних про якість виготовленого бетону розроблено методику випробувань, яка дозволяє значно скоротити довготривалі у часі випробування на витривалість, а також скоротити фінансові витрати на дослідження надійності мостових елементів.

Література

1. Експлуатація і реконструкція мостів / [Н. Є. Страхова, В. О. Голубев, П. М. Ковальов та ін.]. – К.: НТУ, 2002. – 408 с.
2. Мости: конструкції та надійність / [Й. Й. Лучко, П. М. Коваль, П. М. Корнієв та ін.]. – Львів, 2005. – 989 с.
3. Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії: ДСТУ Б В.2.6-145. – [чинний від 26.10.2010] – К.: Мінрегіонбуд, 2010. – (Національний стандарт України).
4. ACI 440.1R-06 Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with FRP Bars: ACI 440.1R-06 – ACI Committee 440, American Concrete Institute, 2006. – 44 p.
5. Використання неметалевої композитної арматури для армування бетонних конструкцій / Ю.А. Клімов, Ю.А. Вітковський, О.С. Солдатченко // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. – К.: – 2011. – Вип. 42. – С. 13-17.
6. Клімов Ю. А. Экспериментальные исследования прочности нормальных сечений изгибаемых элементов, армированных композитной базальтопластиковой арматурой / Ю. А.

Климов, А. С. Солдатченко, С. А. Васильчишина // Бетон и железобетон в Украине. - 2011. - №2. - с. 7 - 10.

7. Лучко Й. Й. Перспектива підвищення довговічності плит проїзної частини мостів при використанні базальту / Й. Й. Лучко, Т. І. Коваль. // Каменяр. – 2012. – №9. – С. 443–450.

8. Коваль П. М. Ефективність використання базальтопластикової арматури при армуванні плити проїзної частини моста / П. М. Коваль, О. Я. Гримак, Т. І. Коваль // Вісник державної академії будівництва та архітектури – 2016 - №61 – С.193 – 197.

9. Настанова з проектування та виготовлення бетонних конструкцій з неметалевою композитною арматурою на основі базальто- і склоровінгу : ДСТУ-Н Б В.2.6-185:2012. – [чинний від 1 квітня 2014 р.] – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2012. – (Національний стандарт України).

10. Рекомендації із проектування базальтобетонних конструкцій мостів і труб : Р В.2.3-03450778-846:2014. – [чинний від 11.11.2014 р.] – К.: ДП «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна» (ДП «ДерждорНДІ»), 2014. – (Рекомендації).

11. Гамеляк І.П. Математична модель втомної міцності неметалевої стрижневої арматури / І. П. Гамеляк, Т. І. Коваль. // Вісник НТУ. – 2015. – С. 162–168.

12. Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування : ДБН В.2.3-14:2006. – [чинний від 6 травня 2006 р.] – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2006. – (Державн будівельні норми України).

13. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками : ДСТУ Б В.2.7-214:2009. – [чинний від 22.12.2009 р.] - К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – (Держвані будівельні норми України).

14. Мельник И.В. Выносливость, трещиностойкость и деформативность железобетонных изгибаемых элементов при многократно повторяющихся нагрузениях: дис. канд. техн. наук – Львов, 1989. – 214 с.

15. Радовский Б.С., Супрун А.С. Конструирование дорожных одежд для многоосных транспортных средств большой грузоподъемности. - Обзорная информация ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, № 3, 1985. - 60 с.

16. Радовский Б.С. Влияние нагрузок от автотранспортных средств на долговечность дорожных одежд. / Автомобильные дороги, № 10, 1984. – С. 6 - 8.

17. Oielking J., Roberts F. Tire contact pressure and its effect on pavement strain. / Journ. Transp. Eng., 1987. - P. 56 - 71.

18. Sullivan M., Trends in truck transportation - issues pertaining to track-pavement interaction. / SAE Techn. Pap. Ser. – 1988, № 881848. – P. 79 - 86.

19. The AASHO Road Test. Report 5. Pavements research. Spec. Report 61 E, Publ. 954. - Washington, 1962. – 351 p.

20. Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження і впливи : ДБН В.1.2-15:2009 – [чинний від 11.11.2009 р.] - К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2009. – (Національний стандарт України).

21. Гамеляк І.П. Про визначення характеристик втомленості дисперсноармованного асфальтобетону // Автомоб. дороги і дор. буд-во. - К.: Вип. 51, 1993. - С. 59 - 62.

Рецензенти:

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

Кузьминець М. П., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Marchuk O.V., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Kuzminets M.P., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **14.12.2016 р.**

УДК 624.21.059.1

Давиденко О.О.

**ПЕРЕВІРКА ВІДПОВІДНОСТІ ОБРАНОЇ МОДЕЛІ РОЗПОДІЛУ
СПОСТЕРЕЖУВАНИМ ДАНИМ ТЕРМІНІВ СЛУЖБИ
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ АВТОДОРОЖНИХ МОСТІВ УКРАЇНИ**

Анотація. Стаття присвячена статистичному аналізу термінів служби мостів. Досліджується відповідність закону розподілу спостережуваних даних до теоретичних моделей розподілу за непараметричним критерієм згоди Колмогорова-Смірнова.

Ключові слова: залізобетонні мости, критерій згоди Колмогорова-Смірнова, термін служби.

УДК 624.21.059.1

Давыденко А.А.

**ПРОВЕРКА СООТВЕТСТВИЯ ВЫБРАННОЙ МОДЕЛИ
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАБЛЮДАЕМЫМ ДАННЫМ СРОКОВ СЛУЖБЫ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ УКРАИНЫ**

Аннотация. Статья посвящена статистическому анализу сроков службы мостов. Исследуется соответствие закону распределения наблюдаемых данных и теоретических моделей распределения используя непараметрический критерий согласия Колмогорова-Смирнова.

Ключевые слова: железобетонные мосты, критерий согласия Колмогорова-Смирнова, срок службы.

UDC 624.21.059.1

Davydenko O.O.

**VERIFICATION OF COMPLIANCE OF THE SELECTED MODEL
DISTRIBUTION TO THE OBSERVED DATA OF SERVICE LIFE OF
REINFORCED CONCRETE HIGHWAY BRIDGES OF UKRAINE**

Abstract. This article is devoted to statistical analysis of the service life of bridges. Conformance with the distribution of the observed data to theoretical models for the distribution-free test of fit Kolmogorov-Smirnov.

Keywords: concrete bridges, distribution-free test of fit Kolmogorov-Smirnov, service life.

Вступ

Дослідження базується на даних отриманих з галузевої Аналітичної експертної системи управління мостами (АЕСУМ) Укравтодору. Науковий супровід програмного комплексу АЕСУМ веде ДерждорНДІ Укравтодору. Починаючи з 2006 р. АЕСУМ функціонує, постійно розвивається і вдосконалюється, накопичується банк даних [1].

База даних, за станом на 01.01.2016 р., містить 16191 од. автодорожніх мостів підпорядкованих Укравтодору. З цієї загальної кількості паспортизовано і описано в базі даних 7031 мостів.

Предмет нашого дослідження – вибірка залізобетонних мостів кількістю в 6919 од., що складає 48,4 % від загальної кількості залізобетонних мостів (14305 од.) підпорядкованих Укравтодору. В теорії математичної статистики 48 – відсоткова вибірка вважається достатньо представницькою. Таким чином, результати аналізу вибірки можуть бути достовірно розповсюджені на загальну кількість автодорожніх залізобетонних мостів [3, 5].

Опис кількісних даних залежить від типу їх розподілу. Тому, для підтвердження кількісних даних, необхідно перевірити тип їх розподілу. Також перевірка розподілу на основі отриманих даних необхідна, коли досліднику невідомо розподіл кількісних ознак в генеральній сукупності, як в нашому випадку. В нашому дослідженні для великої вибірки будемо використовувати критерій згоди Колмогорова-Смірнова.

Мета перевірки гіпотези про згоду дослідного розподілу з теоретичним – це прагнення впевнитися в тому, що модель теоретичного закону не суперечить спостережуваним даним, і використання її не призведе до суттєвих помилок при імовірнісних розрахунках в подальшому.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В багатьох задачах теорії надійності, в яких оперують даними типу часу або інтенсивністю відмов, є необхідність визначення відповідності вибірки статистичних даних до певного закону розподілу. Для інженерних задач, в більшості випадків, перевіряють непараметричні гіпотези про зв'язки функції розподілу декількох вибірок в разі, коли не виконується класичні умови незалежності і однакового розподілу елементів вибірок [9].

Більшість наукових публікацій [2, 6, 9, 11] українською та російською мовами на тему дослідження статистичної вибірки та її розподілу розглядаються в рамках, лише математичної статистики.

Математична статистика є інструментом дослідника в багатьох різноманітних задачах, але наукових публікацій, які описують як використовувати теорію в рамках певної спеціалізації значно менше. В статті [10] наводять аналіз статистичної вибірки фізичних показників кваліфікованих фехтувальників-шаблістів, метою якого є покращення результатів змагань. Статистичний аналіз також використовують для визначення ступеня однорідності великої вибірки пацієнтів з гострим панкреатитом [8]. Цілю роботи є визначення причин виникнення та розвитку захворювань, що дозволить в майбутньому проводити диференційовану терапію даного захворювання і запобігати частим рецидивам хвороби. Наукова публікація [7] підіймає питання визначення стандартів в'язкості мастики для різних партій та двох різних методів заміру. Для рішення такої задачі науковець розглядає статистичні критерії однорідності двох незалежних статистичних вибірок.

Нами не знайдено україномовних та російськомовних опублікованих наукових праць, які досліджують статистичні вибірки термінів служби залізобетонних мостів та їх відповідність закону розподілу за критерієм згоди Колмогорова-Смірнова.

Алгоритм дослідження варіаційного ряду термінів служби мостів

Досліджується варіаційний ряд термінів служби автодорожніх мостів підпорядкованих Державній адміністрації автомобільних доріг України (Укравтодор). Варіаційний ряд термінів служби T , тобто випадкової величини T , досліджується за класичною схемою оцінки статистичних даних [2].

Варіаційний ряд характеризується обсягом вибірки n та розмахом варіювання:

$$R = x_{\max} - x_{\min}, \quad (1)$$

де $x_{\max}$, $x_{\min}$ – максимальна і мінімальна варіанти ряду;

n – кількість варіант ряду.

Для варіаційного ряду будемо визначати емпіричну функцію щільності розподілу, яка визначає для кожного значення x відносну частоту подій:

$$F_n(x) = \frac{n_x}{n}, \quad (2)$$

де n_x – кількість варіант, які менші від x ;

n – обсяг варіаційного ряду.

Емпірична функція щільності розподілу відображається графічно гістограмою відносних частот – ступінчастим графіком, який складається з прямокутників з основами з частинних інтервалів варіант довжиною $h = x_k - x_{k-1}$ та висот n_k/h . Тут k – кількість інтервалів варіаційного ряду. Для рядів близьких до нормального розподілу орієнтовне значення кількості інтервалів (ціле число) визначається за формулою:

$$k = 1 + 3,322 \lg(n), \quad (3)$$

Для варіаційного ряду будемо також обчислювати статистичні оцінки:

- медіану – значення середнього елемента варіаційного ряду

$$Me = \begin{cases} x_m; n = 2m - 1 \\ \frac{x_m + x_{m+1}}{2}; n = 2m \end{cases} \quad (4)$$

- середнє значення варіант

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k x_i n_i; \quad (5)$$

- середнє квадратичне відхилення – квадратний корінь із вибіркової дисперсії

$$\sigma_B = \sqrt{D_B}; \quad (6)$$

- вибіркoву дисперсію – середня квадратів відхилення варіант від вибіркової середньої з врахуванням відповідних відносних частот

$$D_B = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^m n_k (x_k - x_B)^2. \quad (7)$$

Досліджуються варіаційні ряди термінів служби (віку) прогонових будов в третьому експлуатаційному стані (тут і далі стан визначається за нормативним документом [3]), який представлено обсягом $n = 4288$ од. (табл.1).

Таблиця 1 – Статистичні характеристики вибірки для віку мостів, що знаходяться в третьому експлуатаційному стані

	Медіана, роки	$\mu_{\min}$, роки	$\mu_{\max}$, роки	Середнє значення елементів μ , роки	Середнє квадратичне відхилення σ , роки	Дисперсія D , роки ²	Вибірка кількість мостів n , од.
	Стан 3						
Монолітні	52	39	69	54	15	223	591
Збірно- монолітні	38	22	52	37	15	222	199
Збірні	40	24	56	40	16	242	3179
Всі типи + немає відомостей про тип	42	25	59	42	17	278	4288

Аналіз термінів служби автодорожніх мостів України

Вибірка статистичних даних термінів служби автодорожніх мостів України, отримана з ПК АЕСУМ, досліджується на відповідність до закону розподілу нормального, логнормального, логістичного та розподілу Коші. Дослідження проводиться за критерієм згоди Колмогорова-Смірнова. Критерій був обраний так, як в своєму класичному вигляді є «більш потужним» ніж «критерій χ^2 » і може використовуватися для перевірки гіпотези про належність емпіричного розподілу до будь-якого теоретичного розподілу $F(x)$ з відомими статистичними параметрами.

Приклад наведено для найчисельнішою вибірки всіх типів мостів в третьому експлуатаційному стані (рис. 1). Далі опишемо алгоритм дослідження.

Маємо вибірку $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ з деякого розподілу F . Перевіряємо просту гіпотезу $H_0 = \{ F = F_1 \}$ проти складної альтернативної $H_1 = \{ F \neq F_1 \}$.

Статистика критерію Колмогорова-Смірнова визначається за формулою:

$$T_n = \sqrt{n} \cdot \sup_x |F_n^*(x) - F_1(x)| = \sqrt{n} \cdot \max_{X_i} |F_n^*(X_i) - F_1(X_i)|, \quad (8)$$

де $F_n^*(x)$ – емпірична функція розподілу; $F_1(x)$ – теоретична функція розподілу; n – кількість елементів вибірки, 4288 од.

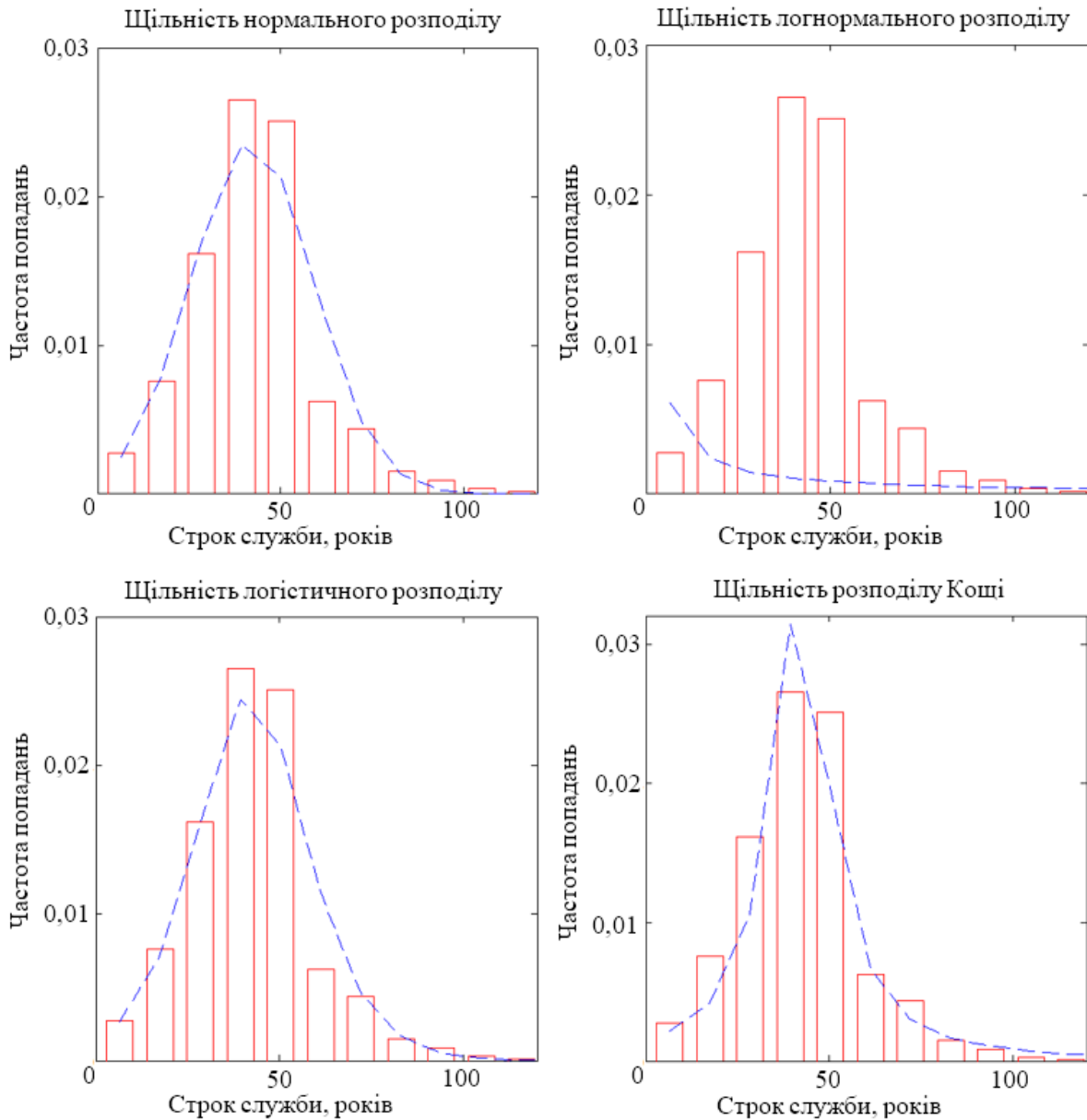


Рисунок 1 – Гістограма вибірки строків служби для всіх типів мостів в 3-у експлуатаційному стані та щільність розподілу за нормальним, логнормальним, логістичним та розподілом Коші

Критичні значення статистичних критеріїв можна визначити з таблиць або за допомогою функції:

$$C(q) = \sqrt{\frac{-\ln\left(\frac{q}{2}\right)}{2}}, \quad (9)$$

де q – рівень значимості, $q = 0,1$.

Основна гіпотеза H_0 приймається у випадку коли $T_n < C(q)$. Всі отримані дані представлено в табл. 2.

Таблиця 2 – Гіпотеза про вид розподілу

Теоретична функція	Статистика критерію, T_n	Критичні значення статистичного критерію, $C(0,1)$	Гіпотеза, що приймається
Нормального розподілу	3,975	1,224	H_1
Логнормального розподілу	25,375	1,224	H_1
Логістичному розподілу	3,664	1,224	H_1
Розподілу Коші	3,485	1,224	H_1

Висновки

1. За непараметричним критерієм згоди Колмогорова-Смірнова для всіх типів розподілу досліджуваної вибірки була прийнята альтернативна складна гіпотеза про вид розподілу $H_1 = \{ F \neq F_1 \}$.

2. За критерієм згоди Колмогорова-Смірнова найбільша відмінність між теоретичною функцією логнормального розподілу та функцією розподілу спостережуваних даних. Найбільшу схожість функція розподілу статистичної вибірки має з теоретичною функцією розподілу Коші, яка відрізняється на 4 відсотки від функції нормального розподілу, в порівнянні з граничним критерієм. Вид функції Коші і логістичної функції розподілу залежать від двох параметрів: μ – математичне очікування; s – параметр масштабу, що підбирається емпірично. В нашому випадку при мінімальному розходженні зручніше використовувати функцію нормального розподілу яка має два параметри: μ – математичне очікування; σ – середнє квадратичне відхилення, що вже відомі з дослідження варіаційного ряду.

3. Дослідження виду розподілу показало, що кожна статистична вибірка розподіляється за своїм законом який неможливо описати жодною відомою функцією розподілу. В теоретичних дослідженнях термінів служби автодорожніх залізобетонних мостів України будемо використовувати нормальний закон розподілу, як найзручніший і той, що є одним з найбільш наближених.

Ця робота була виконана під керівництвом д-ра техн. наук, професора Лантуха-Лященко А.І. Висловлюю йому мою щирю подяку.

Література

- 1.Боднар Л.П. Програмний комплекс АЕСУМ. Сучасний стан та концепція подальшого розвитку / Л.П. Боднар // «Дороги і мости»: зб. наук. п – К.: ДерждорНДІ, 2010. – Вип.12. - С. 31-39.
- 2.Горбань І.І. Теорія ймовірностей і математична статистика для наукових працівників та інженерів / Горбань І.І. – Київ, 2003. – С. 244.
- 3.Давиденко О.О. Моніторинг безпечної експлуатації автодорожніх мостів України [Текст] / О.О. Давиденко // Збірник наукових праць «Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика» – Д., 2015. – Вип. 7. – С. 4–12.
- 4.ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів: – На заміну ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2009. – [Чинні від 2013-12-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2013. – 49 с. – (Національний стандарт України).
- 5.Лантух-Лященко, А.І. Уточнення оцінки експлуатаційного стану мостів [Текст] / А.І. Лантух-Лященко // Збірник. Дороги і мости. ДерждорНДІ – К, 2008. – Вип. 9. – С. 12–18.
- 6.Мазур, Н. П. Статистичні критерії як інструмент аналізу отриманих даних моніторингового дослідження [Текст] / Н. П. Мазур // Проблеми сучасної педагогічної освіти. Се: Педагогіка і психологія – К., 2014. – Вип. № 44. – С. 190–197.
- 7.Орлов, А. И. О проверке однородности связанных выборок [Текст] / А. И. Орлов // Научный журнал КубГАУ. – Кубань, 2016. – Вып. № 123. – С. 1–19.
- 8.Спирин, А. Н., Солнцев, В. Н., Назаров, В. Е. Применение методов многомерного статистического анализа для определения степени однородности большой выборки пациентов с острым отечным панкреатитом [Текст] / А. Н. Спирин, В. Н. Солнцев, В. Е. Назаров // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена – М., 2012. – Вып. № 147. – С. 87–97.
- 9.Тяникова, Н. Д., Тимонин, В. И. Метод вычисления точных распределений статистик типа Колмогорова-Смирнова в случае нарушения однородности и независимости анализируемых выборок [Текст] / Н. Д. Тяникова, В. И. Тимонин // Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. – М., 2014. – Вып. № 11. – С. 227–237.
- 10.Хохла, А. І. Структура фізичної підготовленості кваліфікованих фехтувальників-шаблістів [Текст] / А. І. Хохла // Вісник «Проблеми формування й удосконалення спортивно-технічної майстерності» – 2014. – Вип. № 118. – С. 215–218.
- 11.Чимитова, Е. В., Ведерникова, М. А., Галанова, Н. С. Непараметрические критерии согласия в задачах проверки адекватности моделей надежности по цензурированным данным [Текст] / Е. В. Чимитова, М. А. Ведерникова, Н. С. Галанова // Вестник Томского государственного университета – Томск, 2013. – Вып. № 25. – С. 115–124.

Рецензенти:

Мішутін А.В., д-р техн. наук, Одеська державна академія будівництва і архітектури.
Снітко В.П. канд. нехн. наук. Національний транспортний університет.

Reviewers:

Mishutin A.V., Dr. Tech. Sci., Odessa State Academy of Construction and Architecture.
Snitko V. P. candidate. nehn. Sciences. National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **31.01.2017 р.**

УДК 624.21:004.021

Євсейчик Ю. Б., канд. ф.-м. наук, **Медведев К. В.,** канд. ф.-м. наук

АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕМЕНТА КОНСТРУКЦІЇ ПРИ ЗМІННІЙ ФУНКЦІЇ ІНТЕНСИВНОСТІ ВІДМОВ

Анотація. Статтю присвячено проблемі визначення надійності залізобетонних елементів автодорожніх мостів. Ця проблема стала особливо актуальною для України у зв'язку із стрімким зростанням кількості фізично застарілих споруд. Для безаварійної експлуатації споруд, потрібні нові підходи до оцінки надійності елементів мостів на всіх стадіях життєвого циклу. Потрібні алгоритми, які дали б кількісні критерії рівня надійності елементів мостів і споруди в цілому. У статті представлено алгоритм визначення надійності елементів конструкцій при змінній функції інтенсивності відмов. Головна мета цієї роботи полягає в розробці алгоритму для оцінювання надійності елементів конструкцій мосту протягом життєвого циклу. Розглядаються питання щодо зміни характеру функції інтенсивності відмов $\lambda(t)$ на різних проміжках експлуатації конструкції.

Ключові слова: надійність, інтенсивність відмов, теорії ймовірностей, закон Вейбула, нормальний розподіл.

УДК 624.21:004.021

Евсейчик Ю. Б., канд. ф.-м. наук, **Медведев К. В.,** канд. ф.-м. наук,

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТА КОНСТРУКЦИИ ПРИ ПЕРЕМЕННОЙ ФУНКЦИИ ИНТЕНСИВНОСТИ ОТКАЗОВ

Аннотация. Статья посвящена проблеме определения надежности железобетонных элементов автодорожных мостов. Эта проблема стала особенно актуальной для Украины в связи со стремительным ростом количества физически устаревших сооружений. Для безаварийной эксплуатации сооружений, нужны

новые подходы к оценке надежности элементов мостов на всех стадиях жизненного цикла. Нужны алгоритмы, которые позволили бы дать количественные критерии уровня надежности элементов мостов и сооружения в целом. В статье представлены алгоритм определения надежности элементов конструкций при переменной функции интенсивности отказов. Главная цель этой работы заключается в разработке алгоритма для оценки надежности элементов конструкций моста в течение жизненного цикла. Рассматриваются вопросы изменения характера функции интенсивности отказов $\lambda(t)$ на разных промежутках эксплуатации конструкции.

Ключевые слова: надежность, интенсивность отказов, теории вероятностей, закон Вейбула, нормальное распределение.

UDC 624.21: 004.021

Yevseichyk, Yu. B., Cand. Ph.-M. Sci. (Ph.D.), **Medvediev K. V.,** Cand. Ph.-M. Sci. (Ph.D.)

THE ALGORITHM FOR DETERMINING THE RELIABILITY OF A STRUCTURAL ELEMENT AT A VARIABLE FUNCTION OF THE FAILURE RATE

Abstract. The article is devoted to the problem of determining the reliability of concrete elements of highway bridges. This issue has become particularly topical for Ukraine due to the rapid growth of the number of physically obsolete structures. For trouble-free operation of facilities, new approaches to assessing the reliability of bridges at all stages of the life cycle. Looking algorithms that would give the quantitative criteria of reliability of bridges and buildings in general. In the article the algorithm for determining the reliability of structures under variable function failure rate. The main objective of this work is to develop an algorithm for evaluating the reliability of structural elements of the bridge lifecycle. The questions about the changing nature of the tool failure rate $\lambda(t)$ at different intervals exploitation design.

Keywords: reliability, failure rate, probability theory, Veybula law, a normal distribution.

Формулювання задачі. Основними функціями, що вивчаються в теорії надійності - є функція надійності $P(t)$ та функція інтенсивності (ризик) відмов $\lambda(t)$ [5]. Надійність $P(t)$ згідно з [4] є ймовірність безвідмовної роботи конструкції до моменту часу t , а функція $\lambda(t)$ визначається за функціональною залежністю:

$$\lambda(t) = -\frac{1}{P} \frac{dP}{dt}. \quad (1)$$

З точки зору теорії ймовірностей $\lambda(t)$ - це ймовірність того, що конструкція відмовить на проміжку часу $(t, t + dt)$ за умови, що до моменту t конструкція працює безвідмовно. Аналіз поведінки залежності $\lambda(t)$ надає інформацію для оцінювання характеру відмов, які відбуваються під час роботи конструкції.

У більшості задач теорії надійності інтенсивність відмов $\lambda(t)$ вважають незалежною від часу t тобто:

$$\lambda(t) = \lambda = \text{const}. \quad (2)$$

У такому випадку після інтегрування залежності (1) функцію надійності отримуємо у вигляді:

$$P(t) = e^{-\lambda t} \quad (3).$$

Завдяки своїй простоті і зручності у користуванні саме цей закон надійності набув широкого поширення у прикладних розрахунках і навіть за межами його застосовності, але такий закон добре характеризує надійність конструкції при раптових відмовах. Слід зауважити, що експоненціальний закон описує надійність об'єктів які не старіють. Відмова таких об'єктів обумовлена випадковим несприятливим поєднанням зовнішніх і внутрішніх факторів.

Але як показали експериментальні дослідження для реальних конструкцій функція інтенсивності відмов у процесі експлуатації не залишаються постійною [2], [6] характерний вигляд функції $\lambda(t)$ від часу t має вигляд який представлено на рисунку 1.

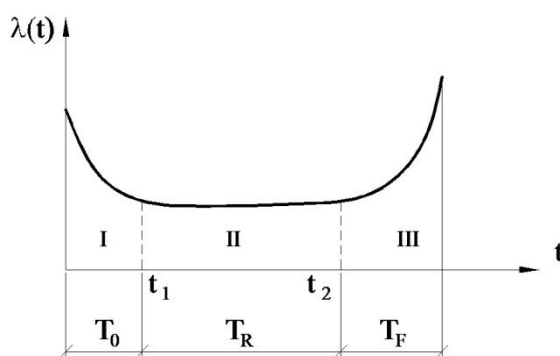


Рисунок 1

На рис. 1 T_0 – початковий період експлуатації, T_R – основний період експлуатації, T_F – кінцевий період експлуатації, характерний інтенсивним розвитком пошкоджень.

Поведінку функції $\lambda(t)$ можна пояснити тим, що разом із раптовими відмовами (для яких $\lambda = \text{const}$) під час експлуатації конструкції можуть виникати також й інші види відмов.

Відмови, які відбуваються на першому періоді експлуатації ($1 \leq t \leq t_1$), можна пояснити існуванням прихованих дефектів або помилками проектування, такі відмови, як правило, проявляються на початку експлуатації конструкції (так звані відмови «припрацювання»). Такі відмови характеризуються тим, що ризик їх виникнення є значним на початку експлуатації конструкції і різко зменшується у подальшому. Функція надійності в цей період життєвого циклу добре апроксимується законом Вейбула

$$P_1(t) = e^{-2\lambda_0 t^{0,5}}, \quad (4)$$

де λ_0 – інтенсивність відмов на початку експлуатації конструкції.

Другий період роботи конструкції, який у більшості випадків, є основним періодом експлуатації та найбільшим за часом ($t_1 \leq t \leq t_2$), характеризується постійним значенням інтенсивності відмов. Функція надійності на цьому періоді життєвого циклу описується експоненціальним законом характерним для раптових відмов

$$P_2(t) = e^{-\lambda_2 t}, \quad (5)$$

де $\lambda_2 = \text{const}$.

Різке збільшення інтенсивності відмов на третьому проміжку ($t > t_2$) виникає внаслідок незворотних фізико-механічних процесів («старіння»

матеріалу конструкції). Відмови такого типу можна назвати поступовими. Функція відмов для процесів старіння, добре апроксимується нормальним законом розподілу.

У більшості випадків відмови даного типу добре апроксимуються нормальним розподілом [4], а відповідна функція надійності має вигляд:

$$P_3(t) = \frac{1 - \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} dx}{\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} dx}, \quad (6)$$

де a - середній час (математичне сподівання) «життя» матеріалу конструкції; σ - його дисперсія.

Вважаючи, що всі три типи відмов («припрацювання», раптові і поступові) відбуваються паралельно і незалежно одна від одної, загальна функція надійності елемента конструкції і самої конструкції в цілому, за теоремою множення теорії ймовірностей [3], дорівнює добутку ймовірностей відмов на кожному етапі життєвого циклу:

$$P(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot P_3(t), \quad (7)$$

де $P_1(t), P_2(t), P_3(t)$ - функції надійності при відмовах «припрацювання» (період часу $1 \leq t \leq t_1$), раптових відмовах (період часу $t_1 \leq t \leq t_2$) та поступових відмовах пов'язаних із старінням матеріалу конструкції (період часу $t_2 \leq t$).

Враховуючи рівняння (4), (5), (6), отримуємо із (7) залежність для розрахунку $P(t)$:

$$P(t) = \frac{e^{-(2\lambda_0\sqrt{t} + \lambda_2 t)} \cdot \int_0^t e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} dx}{\int_0^{\infty} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} dx}. \quad (8)$$

Для визначення функції інтенсивності відмов, яка відповідає загальному закону надійності із (1) та (7) отримуємо

$$\lambda(t) = \lambda_1(t) + \lambda_2(t) + \lambda_3(t), \quad (9)$$

$$\text{де } \lambda_1(t) = \frac{1}{P_1} \frac{dP_1}{dt}, \lambda_2(t) = \frac{1}{P_2} \frac{dP_2}{dt}, \lambda_3(t) = \frac{1}{P_3} \frac{dP_3}{dt}.$$

Враховуючи (4) ÷ (6) з (5) маємо

$$\lambda(t) = \frac{\lambda_0}{\sqrt{t}} + \lambda_2 + \frac{e^{-\frac{(t-a)^2}{2\sigma^2}}}{\int_0^{\infty} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} dx}. \quad (10)$$

Отримані вирази для загальної функції надійності (8) та відповідної функції інтенсивності відмов (10) дозволяють скласти алгоритм розрахунку і спрогнозувати надійність конструкції із урахуванням трьох основних видів відмов, які можуть виникнути під час її експлуатації протягом життєвого циклу.

Алгоритм визначення надійності конструкції полягає у послідовному розрахунку функції надійності $P_1(t), P_2(t), P_3(t)$ для трьох типів відмов: «припрацювання» (4), раптових (5) та поступових (6) відповідно. Потім за (7) визначається загальна функція надійності $P(t)$ для певного часу t , яка порівнюється з нормованою допустимою надійністю.

За наведеним алгоритмом у програмному комплексі Mathcad було виконано розрахунки та побудовано відповідні графіки функцій надійності: $P_1(t)$ - рисунок 2, $P_2(t)$ - рисунок 3, $P_3(t)$ - рисунок 4, та загальної функції надійності $P(t)$ - рисунок 5, інтенсивності відмов $\lambda_1(t)$ - рисунок 6, $\lambda_2(t)$ - рисунок 7, $\lambda_3(t)$ - рисунок 8 та $\lambda(t)$ - рисунок 9.

Вихідні данні для побудови графіків, зображених на нижче наведених рисунках такі: $\lambda_2 = 0.0005$; $\lambda_0 = 0.0025$; $\alpha = 200$; $\sigma = 25$.

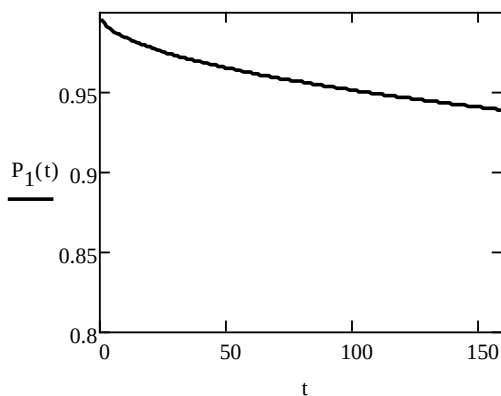


Рисунок 2 – Графік функцій надійності $P_1(t)$

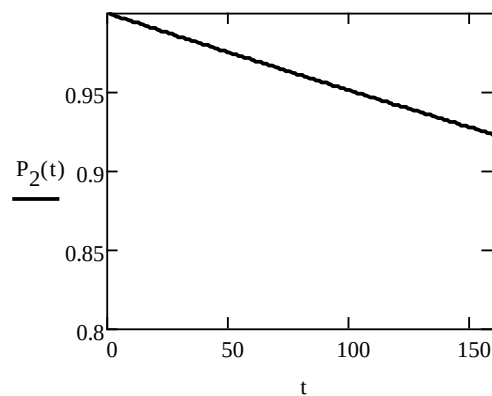


Рисунок 3 – Графік функцій надійності $P_2(t)$

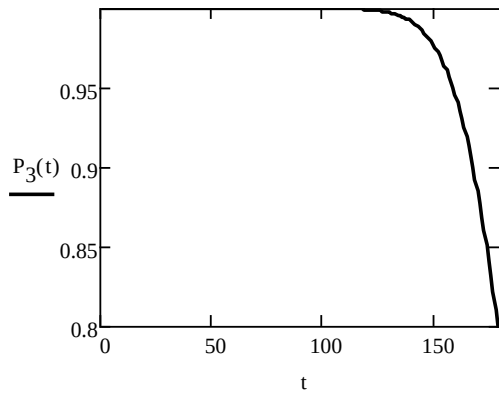


Рисунок 4 – Графік функцій надійності $P_3(t)$

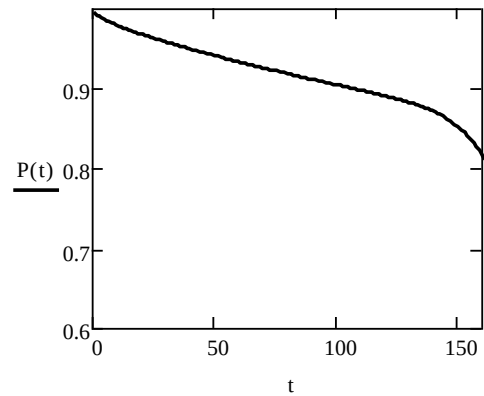


Рисунок 5 – Графік загальної функцій надійності $P(t)$

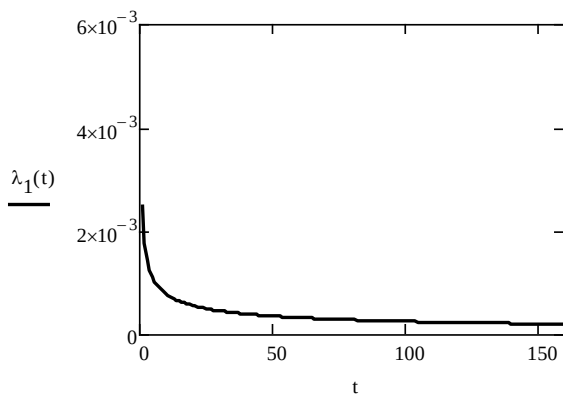


Рисунок 6 – Графік функцій інтенсивності відмов $\lambda_1(t)$

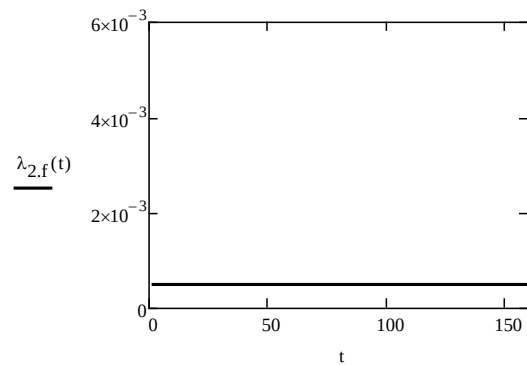


Рисунок 7 – Графік функцій інтенсивності відмов $\lambda_2(t)$

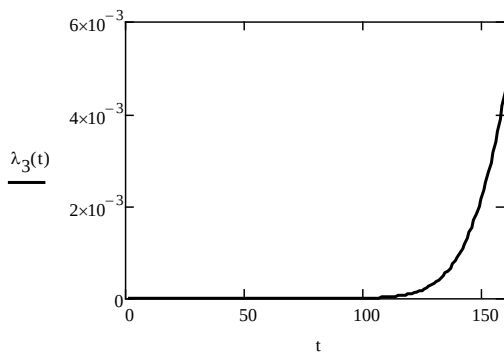


Рисунок 8 – Графік функцій інтенсивності відмов $\lambda_3(t)$

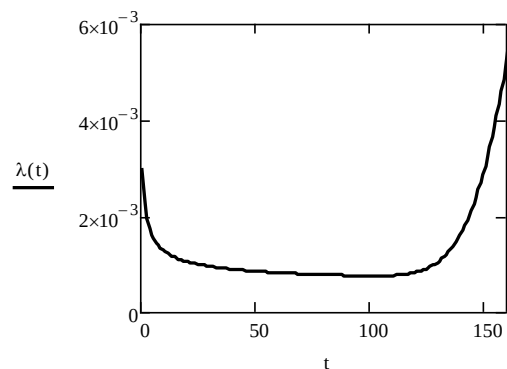


Рисунок 9 – Графік функцій інтенсивності відмов $\lambda(t)$

Висновки

1. Побудована модель визначення функції інтенсивності відмов $\lambda(t)$ як для елементів конструкції так і для всієї конструкції в цілому враховує відмови пов'язані з прихованими дефектами або помилками проектування, постійні

значення інтенсивності відмов основного етапу роботи конструкції і поступовими відмовами які виникають внаслідок незворотних фізико-механічних процесів «старіння» матеріалу.

2. Наведено алгоритм визначення надійності конструкції для певного часу.

3. З наведених графіків надійності для трьох типів відмов видно, що на перших двох етапах життєвого циклу (T_0 – початковий період експлуатації, T_R – основний період експлуатації) основний вклад в зменшення загальної надійності конструкції вносять $P_1(t)$, $P_2(t)$.

Література

1. Богданоф Дж. Вероятностные модели накопления повреждений / Козин Ф. – М.: Мир, 1989. – 344 с.
2. Болотин В. В. Ресурс машин и конструкций. / В. В. Болотин. – М: Машиностроение, 1990. – 446 с.
3. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е.Гмурман. – Москва : Высшая школа. – 1972. – 367 с.
4. Гнеденко В.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности / В.В.Гнеденко, Ю.К.Беляев, А.Д.Соловьев. Гнеденко В.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. – Москва : Наука. – 1965. – 361 с.
5. Ржаницын, А.Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность / А.Р.Ржаницын. – Москва : Стройиздат. – 1978. – 239 с.
6. Melchers, R.E. Structural Reliability Analysis and Prediction/ Second Edition. John Wiley & Sons.– New York: 1999 – 437 p.

Рецензенти:

Гамеляк І.П., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Мішутін А.В., д-р техн. наук, Одеська державна академія будівництва і архітектури.

Reviewers:

Gameliak I.P., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Mishutin A.V., Dr. Tech. Sci., Odessa State Academy of Construction and Architecture.

Стаття надійшла до редакції: **26.01.2017 р.**

УДК 625.723

Каськів В.І., канд. техн. наук, Каськів С.В., Прокопчук Н.А.

**ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ
ВИСОКОГО НАСИПУ ВІД РІЗНИХ МОДЕЛЕЙ ЗОВНІШНЬОГО
НАВАНТАЖЕННЯ**

Анотація. Виконані розрахунки компонентів напружено-деформованого стану високих насипів залежно від виду ґрунту насипу і схеми зовнішнього навантаження, з метою встановити доцільність заміни зовнішнього навантаження еквівалентним шаром ґрунту.

Ключові слова: автомобільна дорога, зовнішнє навантаження, еквівалентний шар ґрунту, напружено-деформований стан, насип, укіс.

УДК 625.723

Каськив В.И., канд. техн. наук, Каськив С.В., Прокопчук Н.А.

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ ВЫСОКОЙ НАСЫПИ ОТ РАЗНЫХ МОДЕЛЕЙ
ВНЕШНЕЙ НАГРУЗКИ**

Аннотация. Выполнены расчеты компонентов напряженно-деформированного состояния высоких насыпей, в зависимости от вида ґрунта насыпи и схемы внешней нагрузки, с целью установить целесообразность замены внешней нагрузки эквивалентным слоем ґрунта.

Ключевые слова: автомобильная дорога, внешняя нагрузка, эквивалентный слой ґрунта, напряженно-деформированное состояние, насыпь, откос.

UDC 625.723

Kaskiv V.I., Cand. Engin. Sci.(Ph.D), Kaskiv S.V., Prokopchuk N.A.

**RESEARCH DEFLECTED OF THE HIGH EMBANKMENT FROM
DIFFERENT MODELS EXTERNAL LOAD**

Abstact. Calculations of the components of the stress-strain state of high embankments, depending on the type of soil mounds and external load circuit in

order to establish feasibility of replacing the external load equivalent to a layer of soil.

Keywords: road, an external load, equivalent soil, stress-strain state, embankment, slope.

Вступ

Основними ґрунтовими спорудами на автомобільних дорогах є насипи. Першочергове значення при їх влаштуванні має стійкість таких споруд, особливо, їх укосів. Практика будівництва й експлуатації автомобільних доріг свідчить про неодноразові випадки деформацій і навіть руйнування високих насипів. Причому, деформації мають місце не тільки на насипах, які знаходяться в несприятливих природно-кліматичних, інженерно-геологічних та гідрологічних умовах, як наприклад, у гірських районах Карпат, на схилах, що схильні до прояву зсувних процесів, але й у порівняно сприятливих умовах рівнини.

Загальна стійкість насипів, як ґрунтових масивів, може бути забезпечена тільки відповідним підбором ґрунтів, раціональним управлінням технологічним процесом їх спорудження та ущільнення, розрахунком оптимальної крутизни укосів, відповідним укріпленням і системою експлуатаційних заходів.

У роботі [1] наведено аналіз нормативних документів і науково-технічної літератури з приводу терміна – “високий насип”, надалі під цим терміном будемо розуміти насипи висотою 6 м і вище, як прийнято у [2], які охоплюють основний діапазон цих споруд на автомобільних дорогах України. Там же авторами були підняті питання одне з яких стосувалось зовнішнього навантаження, яке прикладають при розрахунках стійкості укосів насипів.

У розвиток цих питань було виконано роботу **метою** якої було – дослідити напружено-деформований стан (НДС) високих насипів в залежності від виду ґрунту насипу і схеми зовнішнього навантаження. Акцент було зроблено на схемі зовнішнього навантаження, вид ґрунту і його фізичний стан (консистенція), для суглинистих ґрунтів, розглядали із ціллю встановити характер і закономірність зміни компонентів НДС.

Основна частина

Розрахунки виконували з використанням програмного комплексу SCAD Office. Перед початком розрахунків, з метою оцінки їх адекватності, були виконані дослідження густини сітки, виду граничних умов, параметрів розрахункової схеми основи насипу тощо.

Для розрахунків приймали насипи висотою від 10 м до 14 м. У цій статті наведені результати для насипу 14 м. Як ґрунт насипу приймали: пісок (дрібнозернистий і крупнозернистий); супісок; суглинок (у тугопластичному, напівтвердому і твердому станах).

У якості зовнішнього рухомого навантаження, згідно з рекомендаціями нормативних документів [3, 4], до розрахунків приймали колісне чотиривісне зосереджене навантаження НК-100 і НК-80.

До розрахунків були прийняті наступні схеми зовнішнього навантаження:

- а) контрольний насип, без навантаження;
- б) навантаження НК-80 у формі еквівалентного шару ґрунту по всій ширині насипу;
- в) навантаження НК-100 у формі еквівалентного шару ґрунту по всій ширині насипу (рис. 1);
- г) навантаження НК-80 на відстані 1,0 м від краю колеса до брівки земляного полотна (зупинка на узбіччі) з розподілом тиску від дії коліс:
 - як зосереджених сил;
 - по ширині колеса;
- д) навантаження НК-100 на відстані 1,0 м від краю колеса до брівки земляного полотна з розподілом тиску від дії коліс:
 - як зосереджених сил (рис. 2);
 - по ширині колеса;
- е) навантаження НК-80 на відстані 3,75 м від краю колеса до брівки земляного полотна (рух по крайній сузі) з розподілом тиску від дії коліс:
 - як зосереджених сил;
 - по ширині колеса;
- ж) навантаження НК-100 на відстані 3,75 м від краю колеса до брівки земляного полотна з розподілом тиску від дії коліс:
 - як зосереджених сил;
 - по ширині колеса.

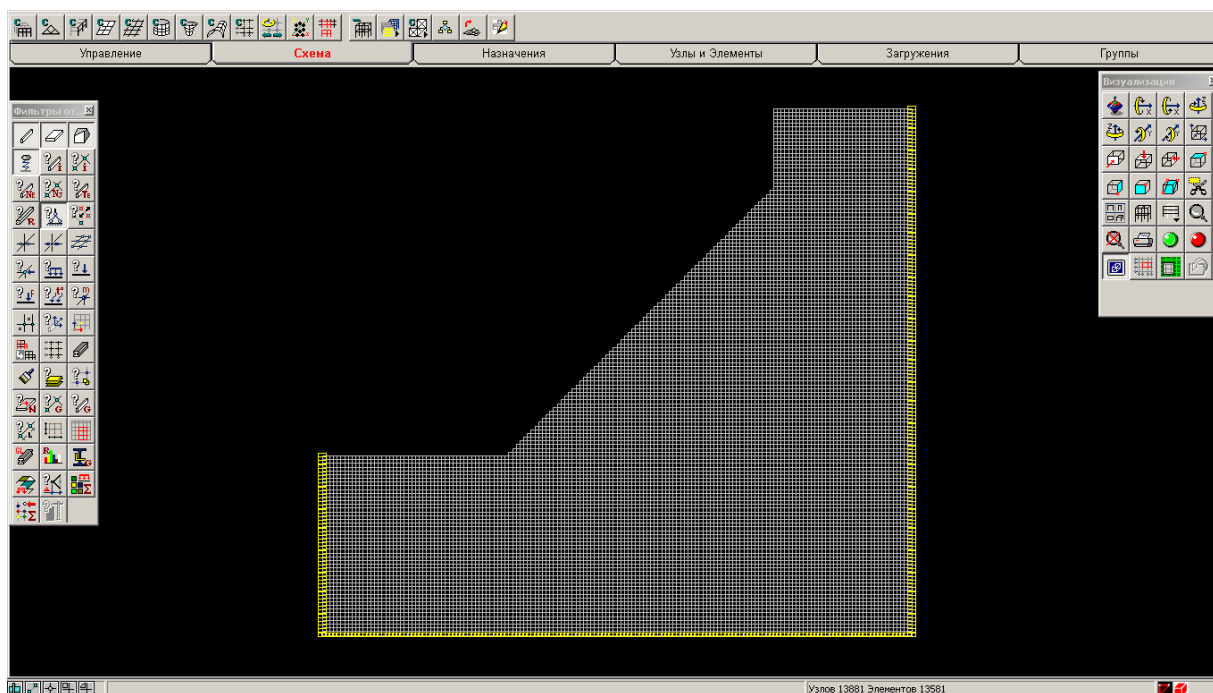


Рисунок 1 – Розрахункова схема, у програмному комплексі SCAD, навантаження НК-100 у формі еквівалентного шару ґрунту

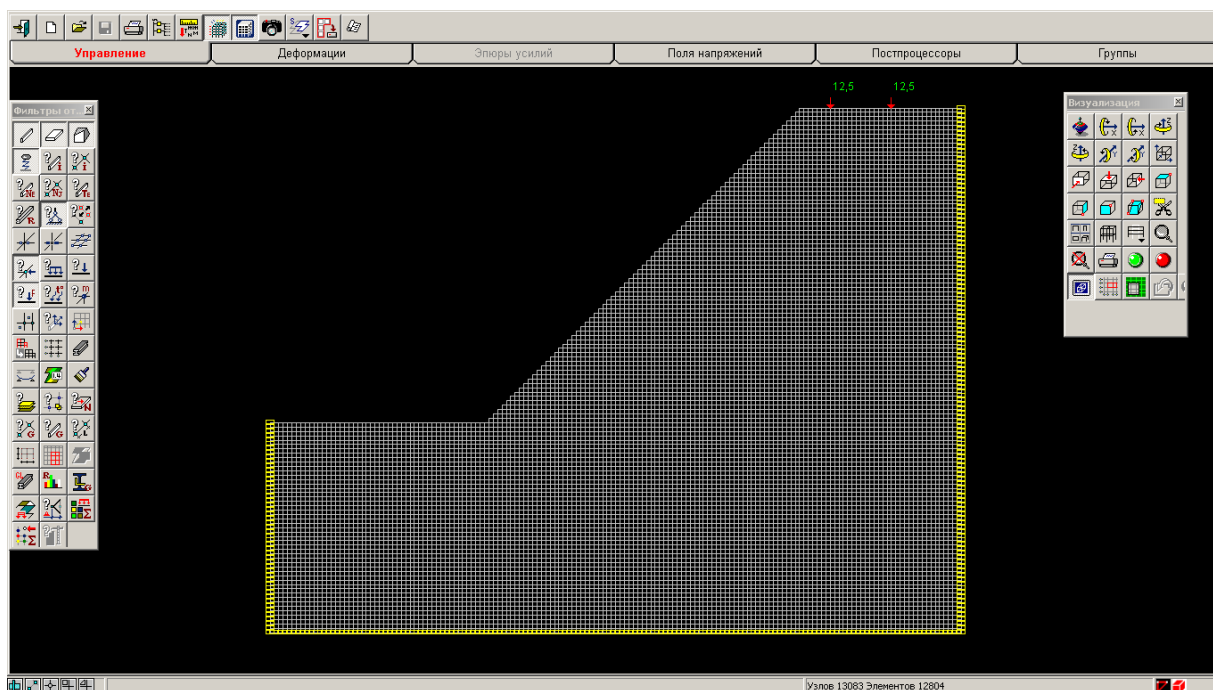


Рисунок 2 – Розрахункова схема, у програмному комплексі SCAD, навантаження НК-100 у формі зосереджених сил

Результати розрахунку компонентів напруженого стану насипу для піску і трьох розрахункових схем наведені на рис. 3 – 11.

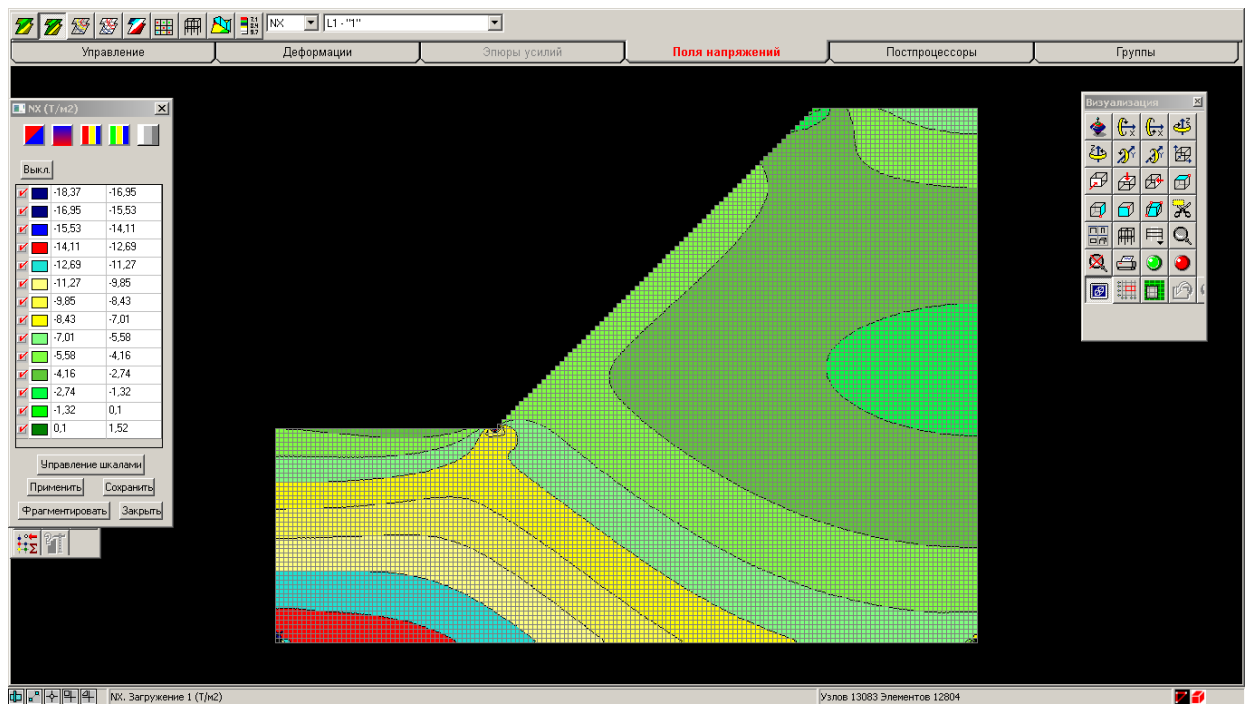


Рисунок 3 – Розподіл нормальних напружень по осі x (контрольний насип)

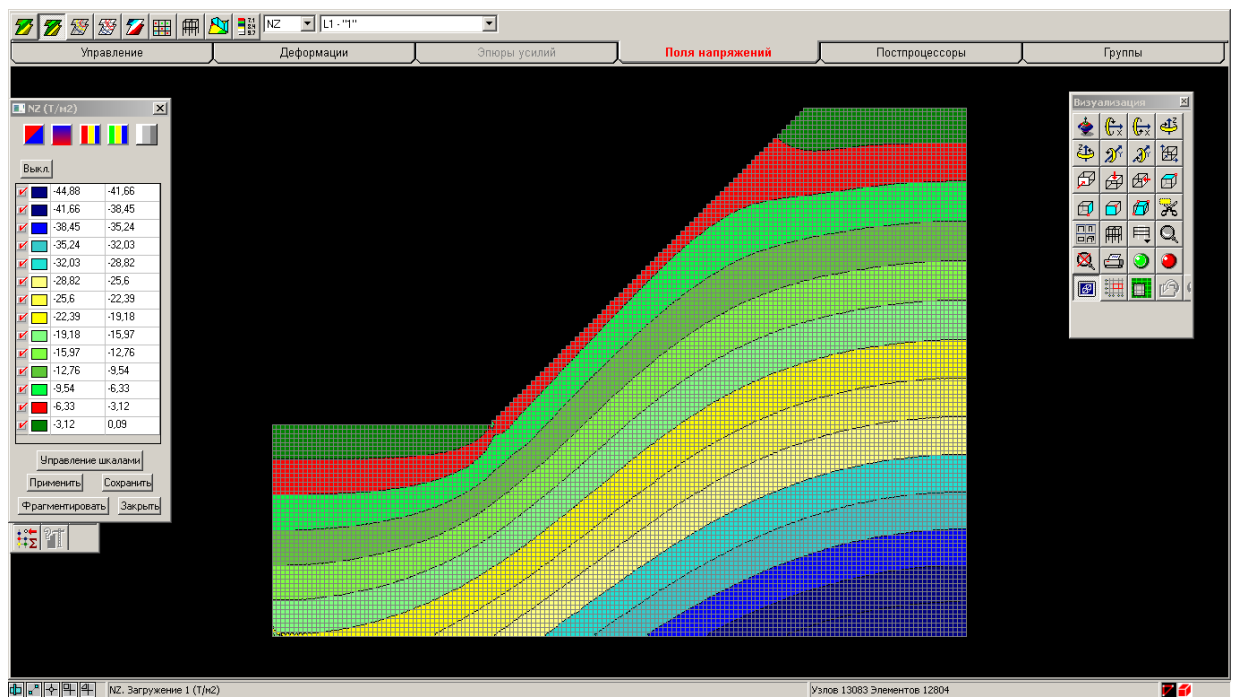


Рисунок 4 – Розподіл нормальних напружень по осі z (контрольний насип)

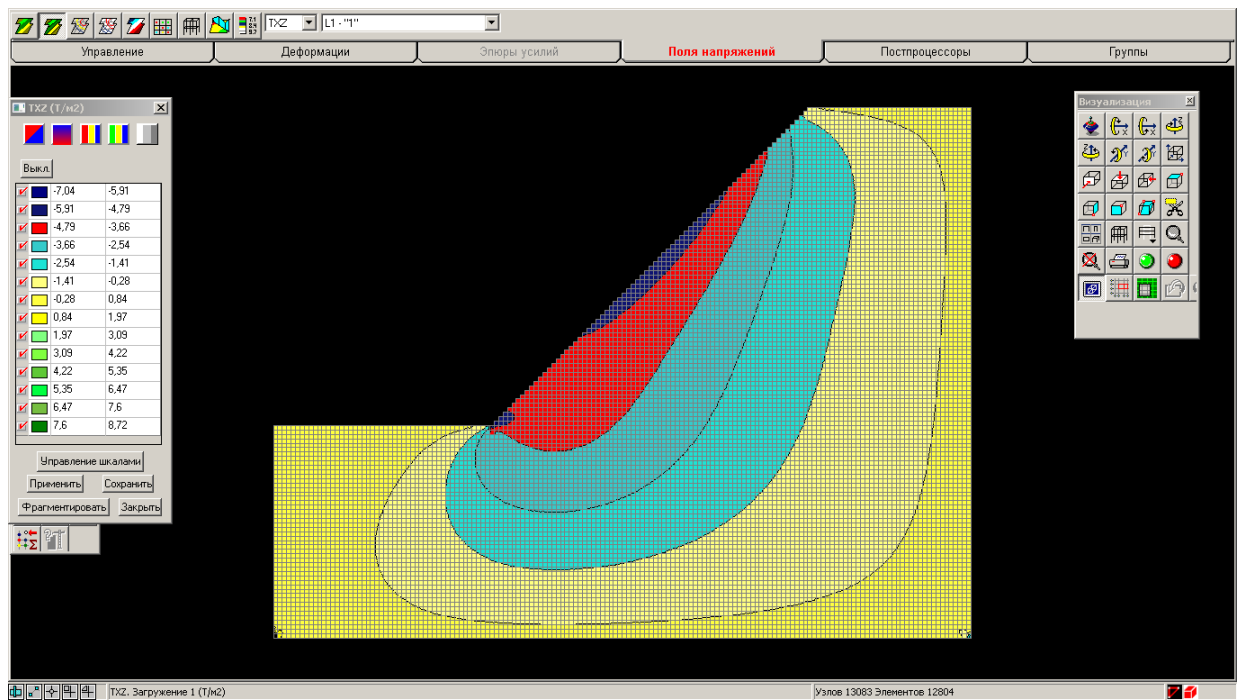


Рисунок 5 – Розподіл дотичних напружень (контрольний насип)

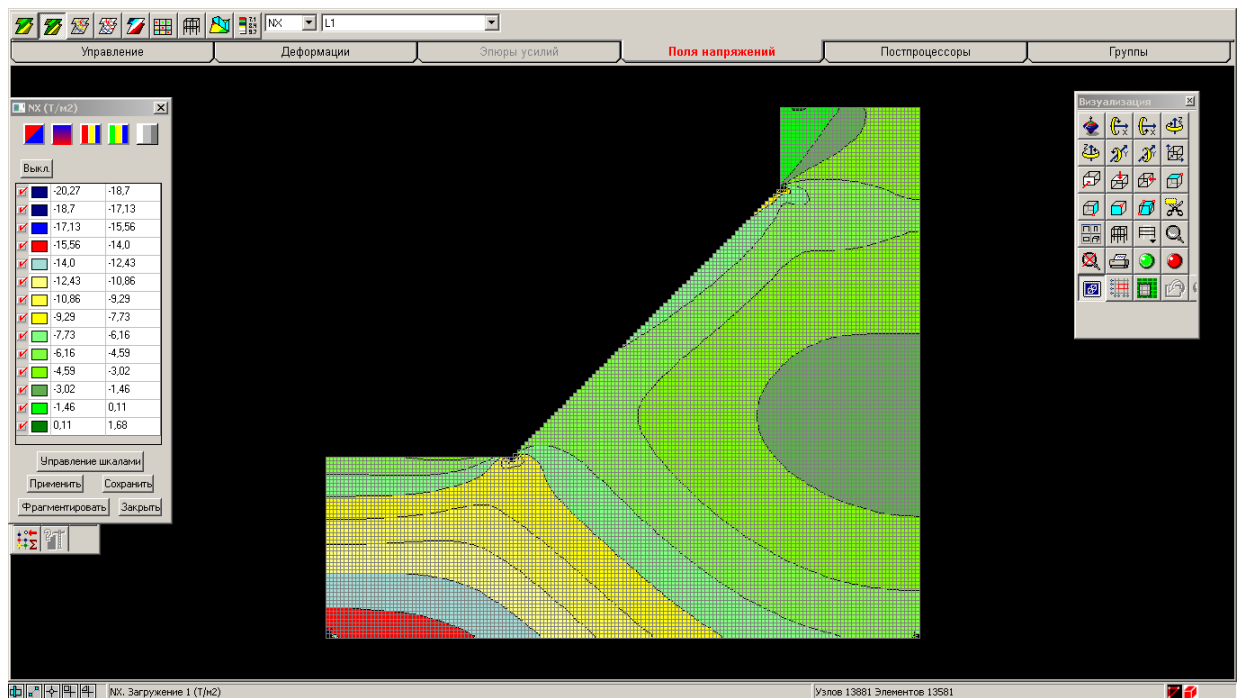


Рисунок 6 – Розподіл нормальних напружень по осі x (навантаження НК-100 у формі еквівалентного шару ґрунту)

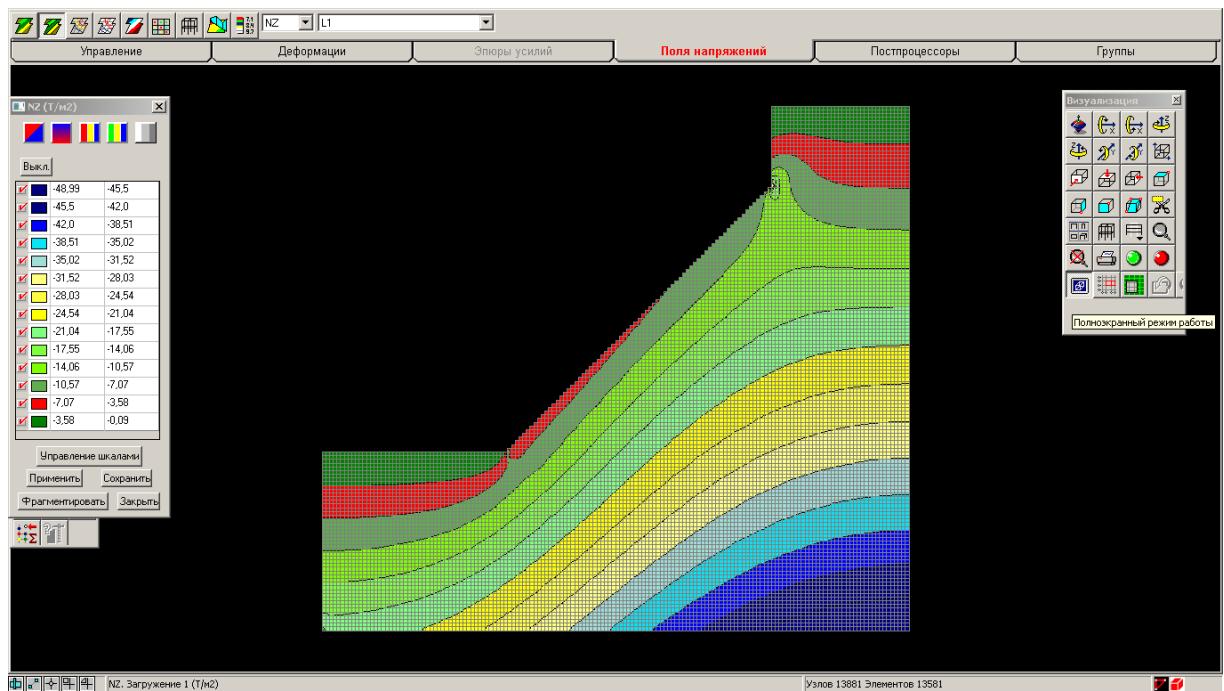


Рисунок 7 – Розподіл нормальних напружень по осі z (навантаження НК-100 у формі еквівалентного шару ґрунту)

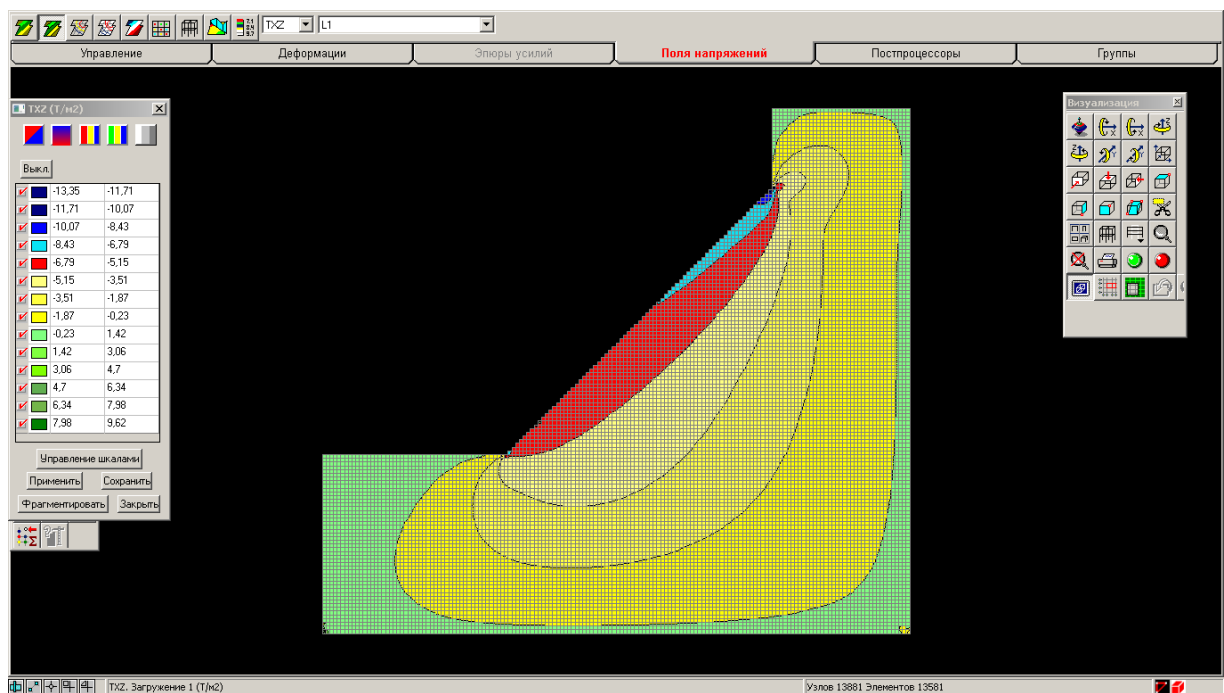


Рисунок 8 – Розподіл дотичних напружень (навантаження НК-100 у формі еквівалентного шару ґрунту)

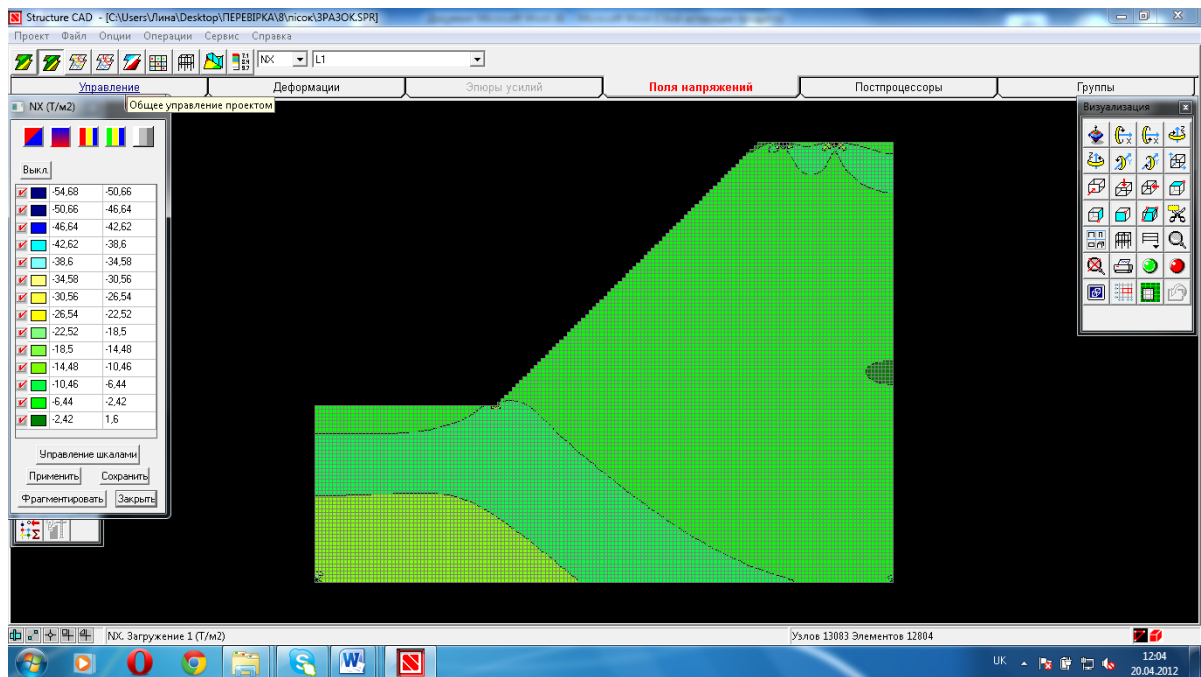


Рисунок 9 – Розподіл нормальних напружень по осі x (навантаження НК-100 у формі зосереджених сил, відстань від брівки земляного полотна 1,0 м)

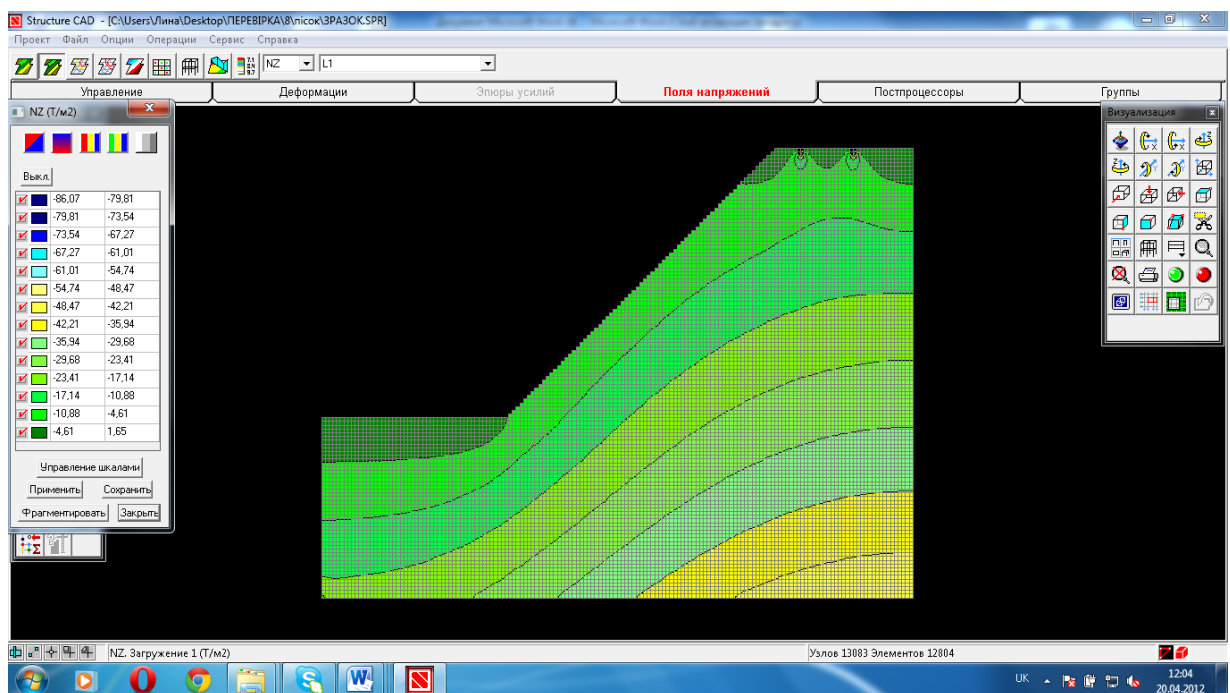


Рисунок 10 – Розподіл нормальних напружень по осі z (навантаження НК-100 у формі зосереджених сил, відстань від брівки земляного полотна 1,0 м)

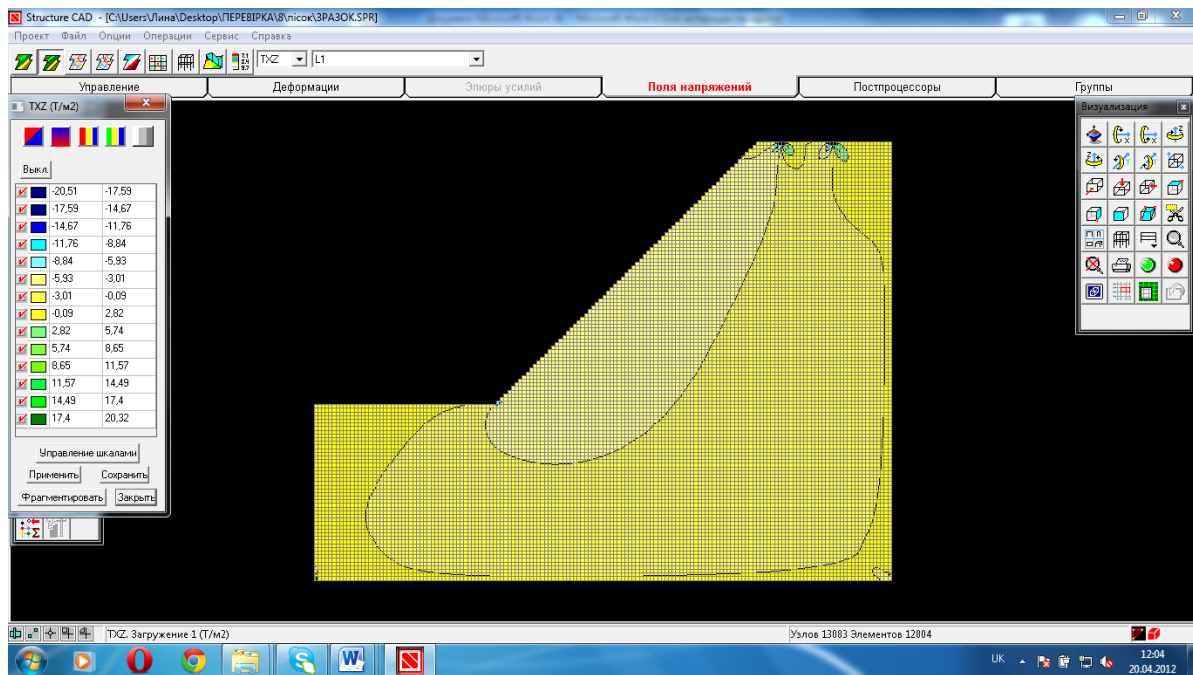


Рисунок 11 – Розподіл дотичних напружень (навантаження НК-100 у формі зосереджених сил, відстань від брівки земляного полотна 1,0 м)

Висновки

Аналіз отриманих результатів свідчить:

1) з точки зору загальної деформації земляного полотна як ґрунтової споруди – для розрахунків стійкості укосів можна застосувати традиційну схему розрахунку (заміна зовнішнього навантаження еквівалентним шаром ґрунту) або схему у вигляді розподіленого навантаження по ширині колеса від зусилля НК-100, яке розташоване на відстані одного метра від брівки земляного полотна (розбіжність між результатами розрахунків не перевищує 1,0 мм для горизонтальних деформацій і 5,0 мм для вертикальних деформацій);

2) з точки зору напруженого стану – потрібно використовувати схему у вигляді розрахункового навантаження по ширині колеса від зусилля НК-100 (нормальні напруження по осі x більші ніж відповідні напруження за традиційною схемою на 13 – 25 % ($1,2 - 2,0 \text{ т/м}^2$); нормальні напруження по осі z - на 50 – 70 % ($3,8 - 4,5 \text{ т/м}^2$); дотичні напруження - на 10 – 25 % ($0,5 - 1,2 \text{ т/м}^2$);

3) для різних видів ґрунту підтверджується теза, що для спорудження насипів найбільш придатними є пісок крупний і супіщані та суглинисті ґрунти у твердому стані [5].

Література

1. Каськів В.І. До питання нормування коефіцієнта стійкості укусу насипу / Каськів В.І., Каськів С.В. // Автошляховик України. – 2011. – № 4. – С. 28 – 32.
2. Рекомендації з підвищення стійкості високих насипів автомобільних доріг : Р В.2.3–218–02070915–757:2009. – К.: Укравтодор, 2009. – 30 с.
3. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво : ДБН В.2.3–4:2015. – К.: Мінрегіон України, 2015. – 105 с.
4. Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження і впливи : ДБН В.1.2–15:2009. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 22 с.
5. Литвиненко А.С. Про фізичний зміст необхідної і достатньої величини густини сухого ґрунту зв'язних ґрунтів при спорудженні земляного полотна автомобільних доріг / Литвиненко А.С. // Автошляховик України. – 2011. – № 4. – С. 21 – 27.

Рецензенти:

Угненко Є.Б., д-р техн. наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.

Балашова Юлія Борисівна, канд. техн. наук, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури.

Reviewers:

Uhlenko E.B., Dr. Tech. Sci., Kharkov National Automobile and Highway University.

Balashova Yu.B., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture.

Стаття надійшла до редакції: **21.12.2016 р.**

УДК 625.723

Чечуга О.С., канд. техн. наук, **Каськів В.І.**, канд. техн. наук, **Кушнірова О.М.**

ЗАГАЛЬНІ УМОВИ ВИБОРУ СИСТЕМИ ДРЕНАЖУ

Анотація. Наведено класифікацію дренажів та загальні умови їх вибору. Більшу увагу приділено дренажам мілкового закладання.

Ключові слова: автомобільна дорога, виїмка, дорожній одяг, дренаж, дренаж мілкового закладання, підземні води, поверхневі води, земляне полотно, укіс.

УДК 625.723

Чечуга А.С., канд. техн. наук, **Каськив В.И.**, канд. техн. наук,
Кушнирова О.Н.

ОБЩИЕ УСЛОВИЯ ВЫБОРА СИСТЕМЫ ДРЕНАЖА

Аннотация. Приведена классификация дренажей и общие условия их выбора. Больше внимание уделено дренажам мелкого заложения.

Ключевые слова: автомобильная дорога, выемка, дорожная одежда, дренаж, дренаж мелкого заложения, подземные воды, поверхностные воды, земляное полотно, откос.

UDC 625.723

Chechuha O.S., Cand. Engin. Sci. (Ph.D), **Kaskiv V.I.**, Cand. Engin. Sci. (Ph.D),
Kushnirova O.M.

GENERAL TERMS CHOICE OF DRAINAGE SYSTEM

Abstract. A classification drainage and general condition of their choice. Much attention is paid to shallow drainages.

Keywords: road, excavation, pavement, drainage, drainage shallow, groundwater, surface water, roadbed, slope.

Вступ

Основною ґрунтовою конструкцією на автомобільних дорогах є земляне полотно, яке може бути у вигляді насипу або виїмки.

Одна з основних причин, які призводять до розвитку руйнувань дорожнього одягу і укосів земляного полотна, є вплив поверхневих і підземних вод. Міцність дорожньої конструкції втрачається внаслідок перезволоження земляного полотна і основ дорожніх одягів через незадовільний стан водовідвідних споруд або їх відсутність (рис. 1).

Одним із заходів, який дозволяє ефективно боротись із такими деформаціями є дренажні системи.



Рисунок 1 – Руйнування укосів виїмок на дорогах України, як наслідок незабезпеченого водовідведення

Система регулювання підземного стоку за допомогою дренажних конструкцій полягає в наступному: у перехопленні підземних вод ще до надходження їх у зсувний масив схилу або в укіс виїмки; у зниженні рівня або напору ґрунтових вод в приукісній частині зсувного схилу, укосах виїмок, основі насипу на нестійкому косогорі; перехоплення та відведення води, яка поступає в дорожню конструкцію; у відведенні всіх підземних вод із зсувного масиву у водопропускні споруди.

Основна частина

Загальні відомості

Згідно із [1], для осушення земляного полотна та дорожнього одягу влаштовуються дренажні водовідвідні споруди різної конструкції.

Конструкцію дренажних водовідвідних споруд вибирають на основі інженерно-геологічних, гідрологічних обстежень та гідравлічних розрахунків притоку води до дренажів.

Дренажі поділяють на поперечні, поздовжні та врізні укісні (рис. 2). Крім того, за глибиною залягання розрізняють дренажі глибокого та мілкого закладання.

Згідно з [2]: дренаж – інженерно-технічна споруда, що призначена для збору і відведення інфільтраційних і ґрунтових вод; дренаж мілкого закладання – конструктивний елемент автомобільної дороги, який влаштовується в зоні промерзання ґрунту і призначений для відведення води з робочого шару земляного полотна або для осушення шарів дорожнього одягу.

Їх необхідно влаштовувати на затяжних поздовжніх похилах, якщо величина поздовжнього похилу більша за поперечний похил дорожнього одягу.

Дренажі глибокого закладання влаштовуються нижче глибини промерзання ґрунту і призначаються для захисту земляного полотна від негативного впливу ґрунтової води [1].

Поперечні дренажі (дренаж, який влаштовують під кутом до осі дороги) глибокого закладання необхідно влаштовувати в місцях переходу дороги з виїмки до насипу, перед верховими конусами мостів та естакад, в нижніх точках увігнутих вертикальних кривих при зустрічних похилах.

Поздовжні дренажі (дренаж, який влаштовують паралельно осі дороги) глибокого закладання влаштовуються переважно у виїмках. Залежно від глибини виїмки, геологічної будови та рівня виявленої ґрунтової води вони можуть бути одноярусними, двоярусними та багатоярусними [1].

Дренажі передбачаються у випадку, якщо кількість води, що надходить в окремі періоди, більша (розрахунковим питомим надлишком води (більше ніж $(0,005-0,007) \text{ м}^3/\text{м}^2$ на добу)), ніж може розміститися в порах нижніх шарів основи дорожнього одягу без значного зниження їх несної здатності від розрахункового навантаження згідно з [1].

Відведення води з додаткових шарів основи дорожнього одягу здійснюється за рахунок влаштування дренуючого шару на всю ширину земляного полотна.

За наявності в основі дорожнього одягу пористого шару при зв'язних ґрунтах влаштовують поперечний дренаж:

- за наявності водонасичених ґрунтів та поздовжньому похилі більше поперечного;
- у місцях увігнутих вертикальних кривих та переходах з виїмок в насипи;
- на понижених ділянках, при неможливості зміни поздовжнього профілю;
- у місцях перелому поздовжнього профілю;
- на ділянках I типу зволоження згідно з [1] із поздовжнім похилом більше ніж 20 ‰ при відсутності поздовжніх дренажів, а також на ділянках з похилом більше ніж 40 ‰ незалежно від наявності поздовжніх дренажів.

Трубчасті воронки влаштовують у насипах висотою понад 0,5 м при наявності пісків з коефіцієнтом фільтрації K_f більше ніж 3 м/добу з питомими надлишком води q менше ніж $0,003 \text{ м}^3/\text{м}^2$ на добу.

Похил дренажу приймають понад 5 ‰ відповідно до рельєфу місцевості, але не менше ніж 3 ‰ згідно з [1].

Найбільші похили дренажів визначають, виходячи з максимально допустимої швидкості води в трубах 1,0 м/с.

Дренажі мілкового закладання

Додатковий шар основи дорожнього одягу (дренажний шар). Параметри додаткового шару основи дорожнього одягу (дренажного шару) розраховують за двома методами:

- осушення – для цілорічного розрахункового періоду;
- поглинання – період розтавання поперечних випусків.

Додатковий шар основи дорожнього одягу (дренажний шар) передбачають при зведенні земляного полотна із зв'язних ґрунтів і пилюватих пісків у випадках, передбачених ДБН В.2.3-4. Мінімальна товщина дренуючого шару має бути не менше ніж 0,2 м.

Поздовжній дренаж. Поздовжній дренаж – це дренажна траншея, яка заповнена фільтруючим матеріалом із дренажними елементами. В якості дренажних елементів використовують труби (бетонні, перфоровані

перхлорвінілові, полівінілхлоридні, поліетиленові, поліпропіленові тощо) або дренуюче ядро (рис. 3).

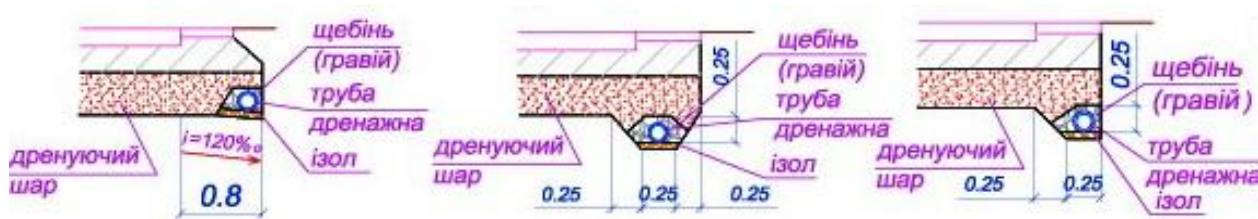


Рисунок 3 – Конструкції дренажів мілкового закладання

Воду з поздовжніх дренажів скидають через поперечні випуски або у мережу оглядових колодязів. Внутрішній діаметр дренажної труби визначають гідравлічним розрахунком, але приймають не менше ніж 50 мм. Дренажні труби укладають безпосередньо на дно траншеї.

Поздовжні дрени проектують із похилом не менше ніж 3 ‰ при трубах діаметром більше ніж 80 мм та 5 ‰ при діаметрі більше ніж 50 мм. При менших похилах застосовують пилкоподібний профіль по осі дренажу з мінімальним похилом.

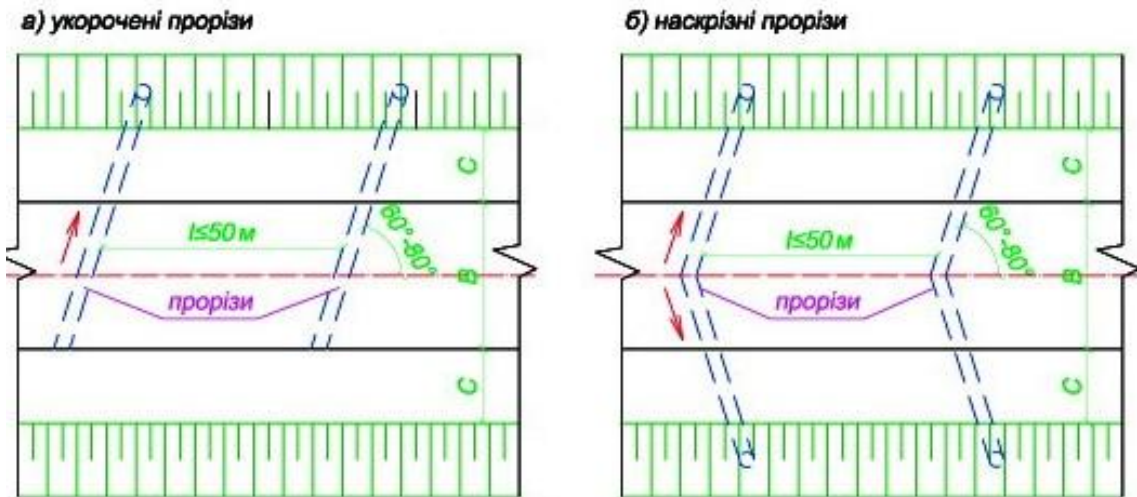
Відстані між поперечними випусками приймають залежно від поздовжнього похилу.

Поперечні дренажі (поперечні прорізи). При проектуванні застосовують два типи поперечних прорізів: трубчасті та з дренуючим ядром. Прорізи з розрахунковою витратою води понад $0,72 \text{ м}^3/\text{добу}$ улаштовують тільки з трубчастими дренами (рис. 4).

Потрібно враховувати, що у ґрунтах, які містять більше ніж 30 % за масою глинистих часток або пилуватих часток більше ніж 70 % за масою, дренажні прорізи неефективні.

Поперечні дренажні прорізи з ядром влаштовують із крупного пористого кам'яного матеріалу, що відсипають на листи руберойду, толю або гідроізолю і прикривають зверху геотекстильним матеріалом для запобігання вимивання піску з дренуючого прошарку або земляного полотна. За відсутності ізоляційних матеріалів може бути влаштована фільтрова обсіпка з щебеню фракції від 5 мм до 10 мм. Ядро прорізи проектують із морозостійкого щебеню або гравію фракцією від 20 мм до 40 мм.

СХЕМИ РОЗТАШУВАННЯ ПОПЕРЕЧНИХ ПРОРІЗІВ



ПОПЕРЕЧНІ ПРОФІЛІ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА З ПРОРІЗЯМИ

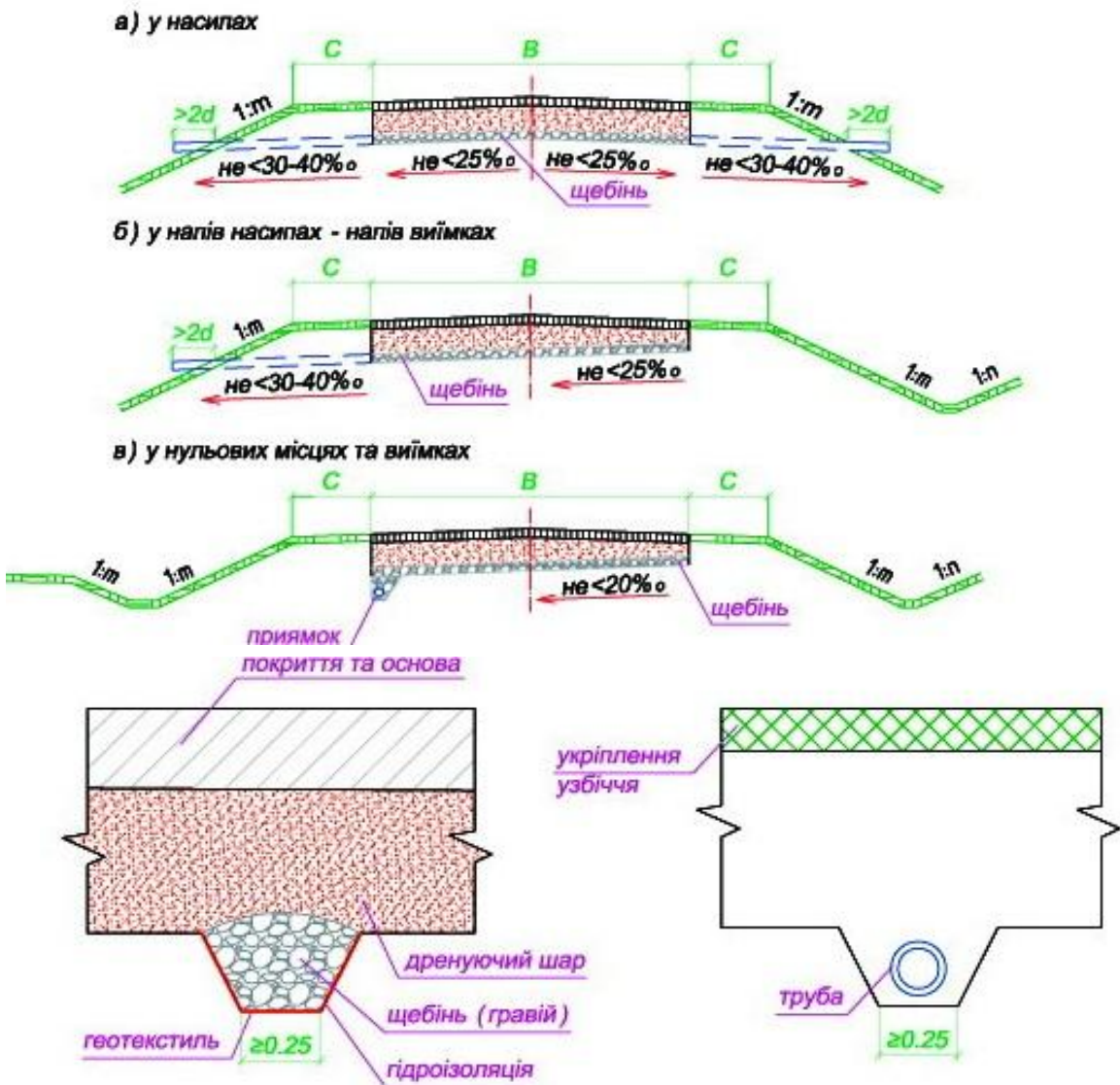
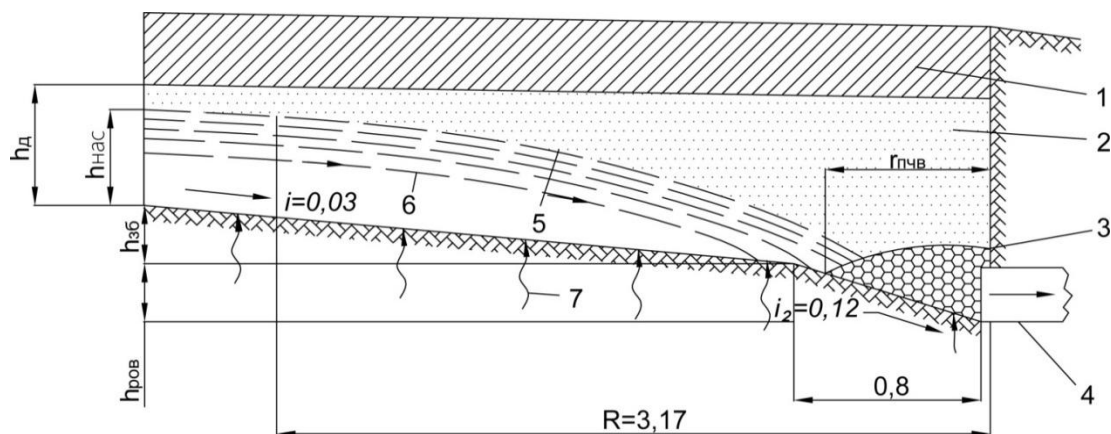


Рисунок 4 – Конструкції поперечних дренажів

У плані прорізи влаштовують при новому будівництві на всю ширину земляного полотна, а при реконструкції та капітальному ремонті на ширину нового дорожнього одягу та узбіч. На ділянках з поздовжнім похилом більше ніж 20 ‰ прорізи допускається влаштовувати скороченими (з випуском води в один бік), по можливості орієнтованими на південь.

Трубчасті воронки. Трубчасті воронки складаються з приймальних частини та випусків (рис. 5).



1 – покриття та основа; 2 – дренажний шар; 3 – приймальна частина воронки; 4 – воронка; 5 – крива дисперсії; 6 – напрям руху фільтраційного потоку; 7 – надлишок вільної води, яка віджимається; h_d – товщина дренажного шару по вісі дороги $h_{нас}$ – розрахункове максимальне значення глибини фільтраційного потоку в дренажному шарі, визначається згідно $h_{зб}$ – висота після збільшення похилу по ширині двоскатної проїзної частини, в зоні перед приймальною частиною воронки; $h_{ров}$ – глибина поздовжнього ровика (канави) дренажу

Рисунок 5 – Поперечний переріз дренажного шару, який осушується трубчастими воронками

Приймальну частину воронок влаштовують радіусом 0,25 м (І тип) і 0,50 м (ІІ тип) згідно з [2]. Воронки з приймальною частиною І типу влаштовують при питомому притоці води менше ніж $0,002 \text{ м}^3/\text{м}^2$ на добу і піщаних ґрунтах земляного полотна з коефіцієнтом фільтрації понад 5 м/добу. Воронки з приймальною частиною ІІ типу влаштовують при питомому притоці води більше ніж $0,002 \text{ м}^3/\text{м}^2$ на добу в піщаних ґрунтах земляного полотна з коефіцієнтом фільтрації від 3 м/добу до 5 м/добу.

Приймальну частину воронок влаштовують під додатковими шарами основи дорожнього одягу по краю проїзної частини. При влаштуванні площинного дренажу на ширину укріплених та зупинкових смуг приймальні

частини воронки влаштовують під цими смугами. Верхній кінець труби воронки має входити в приймальну частину на довжину не менше ніж один діаметр труби.

Довжину випусків трубчастих воронки розраховують залежно від товщини дорожнього одягу, крутизни укосів і ширини узбіччя.

Висновки

Як висновок слід зазначити, що грамотне проектування системи дренажу, зокрема мілкового закладання, дозволить уникнути передчасного руйнування дорожньої конструкції і, як наслідок, зменшить витрати на виконання ремонтних робіт і дозволить збільшити міжремонтні строки експлуатації автомобільних доріг.

Література

1. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво : ДБН В.2.3–4:2015. – К. : Мінрегіон України, 2015. – 105 с.
2. Настанова з проектування дренажних конструкцій мілкового закладання на автомобільних дорогах : ДСТУ-Н Б В.2.3-41:2016. – К. : Мінрегіон України, 2016. – 33 с.

Рецензенти:

Мішутін А.В., д-р техн. наук, Одеська державна академія будівництва і архітектури.
Гончаренко Ф.П., канд. техн. наук, ДП "Укрдипродор".

Reviewers:

Mishutin A.V., Dr. Tech. Sci., Odessa State Academy of Construction and Architecture.
Honcharenko F.P., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), "Ukrdiprodor".

Стаття надійшла до редакції: **11.01.2017 р.**

УДК 656.13

Гусєв О.В., канд. техн. наук, Кондрюкова І.О., канд. техн. наук,
Ільченко Я.Л.

УДОСКОНАЛЕННЯ ПІДХОДІВ ДО ПРОЕКТУВАННЯ БЕЗПЕКИ ВІТЧИЗНЯНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Анотація. У статті розглянуто стан ДТП в Україні. Окремо виділено ситуацію наїздів на великогабаритні транспортні засоби легковими автомобілями. Запропоновано обладнувати ТЗ протиударними огорожами. Показано підхід до розрахунку на міцність таких огорож.

Ключові слова: безпека руху, протиударна огорожа, ДТП, зіткнення, удар, транспортний засіб, проектування безпеки руху.

УДК 656.13

Гусев А.В., канд. техн. наук, Кондрюкова И.А., канд. техн. наук,
Ильченко Я.Л.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОДХОДОВ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Аннотация. В статье рассмотрено состояние ДТП в Украине. Отдельно выделена ситуация наезда на крупногабаритные транспортные средства легковыми автомобилями. Предложено обустроить ТЗ противоударными ограждениями. Показан подход к расчету на прочность таких ограждений.

Ключевые слова: безопасность движения, противоударное ограждение, ДТП, столкновение, транспортное средство, проектирование безопасности движения

Husev A.V., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), **Kondriukova I.A.**, Cand. Eng. Sci. (Ph.D.),
Ilchenko I A.

IMPROVED APPROACHES TO DESIGN SECURITY DOMESTIC VEHICLES

Abstract. The article reviewed the status of road accidents in Ukraine. Situation collision on large vehicles cars is highlighted. It is proposed to equip vehicle with shockproof barriers. Calculation of the strength of these barriers is shown.

Keywords: traffic safety, shockproof barrier, road accident, collision, impact, designing of vehicle passive security

В зв'язку із великою кількістю ДТП в Україні проблема забезпечення безпеки дорожнього руху є найактуальнішою. Дійсно, за даними ДПС середньорічна кількість ДТП перевищує 30 тис., кількість загиблих сягає 7 тис. осіб.

Зіткнення одного чи декількох транспортних засобів (ТЗ) є одним із найбільш розповсюджених та небезпечних видів дорожньо-транспортних подій (ДТП). Статистика ДТП підтверджує, що існує багато типових небезпечних дорожньо-транспортних ситуацій які призводять саме до зіткнень:

- зіткнення при виїзді на зустрічну смугу;
- зіткнення при повороті ліворуч чи розвороті;
- зіткнення при несподіваному гальмуванні автомобіля, що рухається попереду;
- зіткнення при зміні смуги руху;
- зіткнення при проїзді перехресть, тощо.

Окрему групу ДТП складають наїзди на транспортні засоби, що тимчасово зупинились (рис. 1).

Слід зазначити, що найбільш небезпечними, з точки зору наслідків, є зіткнення (наїзди) з вантажними автомобілями (фургонами, автомобілями з причепами та напівпричепами, самоскидами, спеціальним рухомим складом,

тощо). Великий розмір вантажного автомобілю дозволяє капоту легковика чи маршрутного мікроавтобусу (який спричиняє зіткнення) без перешкоди потрапляти під кузов останнього. Таким чином, основне навантаження при зіткненні припадає (без попередньої деформації бамперу, капоту, які демпфують удар) на верхню частину кабіни – найменш захищену та найменш міцну частину легкового автомобілю. При цьому зона деформації автомобілю співпадає з зоною життєдіяльності та навіть такі найсучасніші системи безпеки як airbags (повітряні подушки безпеки) не спроможні ефективно захистити життя водія та пасажирів.

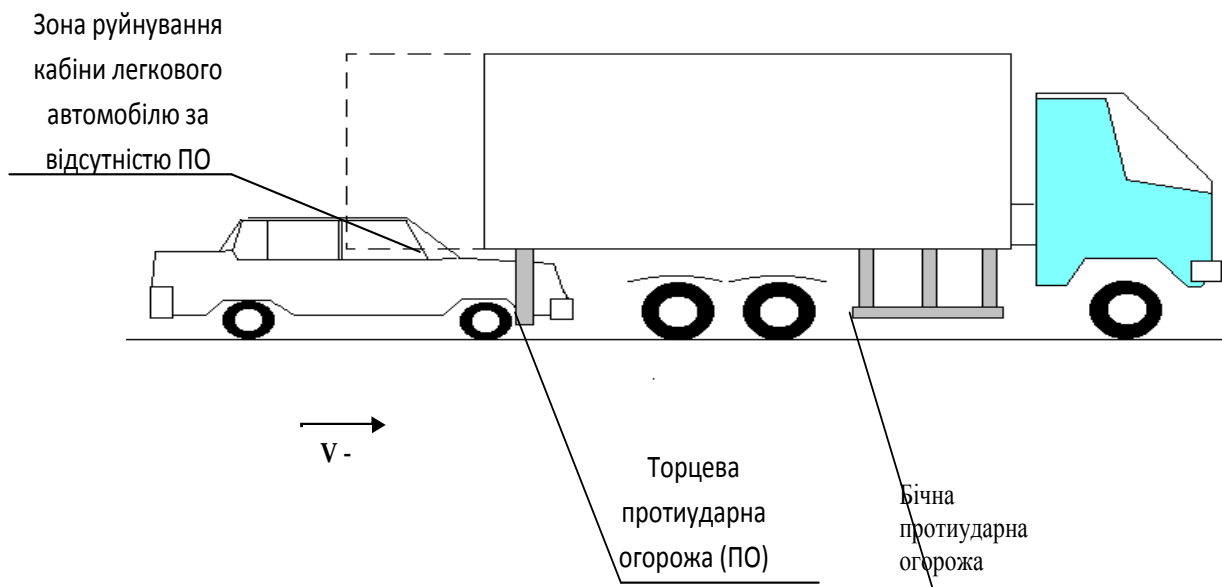


Рисунок 1 – Розташування протиударних огорож (ПО)

Провідні виробники, наприклад, європейські, облаштовують вантажні автомобілі пристроями Side Rails – протиударними огорожами (ПО) – рис. 1.

На жаль, вітчизняні автомобілі, як правило, не обладнані відповідними пристроями, оскільки науково-обґрунтовані методики розрахунку їх міцності та вимоги щодо їх розташування не розроблені. Також не розроблені відповідні концепції враховування ступіню небезпеки вантажних автомобілів та її впливу на загальну безпеку дорожнього руху.

Запропонована робота спрямована на підвищення безпеки вітчизняних транспортних засобів.

Для уникнення попадання легкового автомобіля під кузов великогабаритного ТЗ при ДТП, в роботі пропонується облаштовувати ТЗ протиударними огорожами (ПО). За способом розташування ПО розрізняють:

- бічні;
- торцеві (задні).

У відповідності із структурою безпеки транспортних засобів протиударні огорожі належать до заходів зовнішньої пасивної безпеки. Протиударна огорожа, з одного боку, є травмобезпечним елементом та, з другого боку, дозволяє одночасно змінити форму кузову транспортного засобу.

При обладнанні транспортного засобу протиударними огорожами виникає питання обґрунтування міцності останніх.

Запропонована методика в якості розрахункової схеми для стійок протиударної огорожі передбачає статично визначувану консольну балку, навантажену рівнодіючою F від розподіленого навантаження q (рис. 2).

Обґрунтуємо розрахунок стійки протиударної огорожі при ситуації, коли легковий автомобіль, рухаючись, наїжджає на транспортний засіб, що тимчасово зупинився.

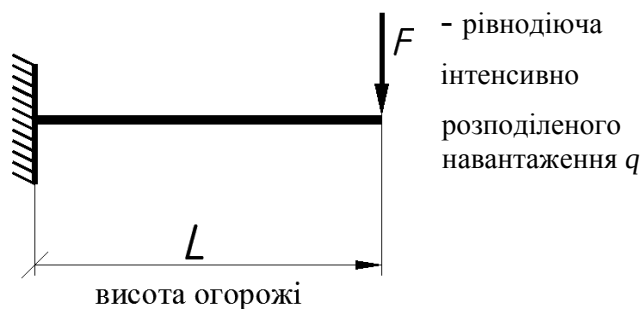


Рисунок 2 – Розрахункова схема протиударної огорожі

Розподілене по площі контакту 1 м^2 навантаження, що виникне від взаємодії автомобіля, що рухався, з ТЗ, що був нерухомим, будемо визначати за наступною формулою:

$$q = \frac{\rho v^2}{2}, \quad (1)$$

де v – швидкість автомобіля, що рухався до моменту контакту, м/с;

ρ – приведена густина автомобіля, що рухався до моменту контакту, кг/м^3 ;

Приведену густину визначаємо знаючи масу автомобіля і його об'єм (дані приймаємо згідно приведених на сайті <http://www.zaz.ua> технічних характеристик автомобіля «ЗАЗ Lanos седан»):

$$\rho = \frac{m}{0,5 \cdot H \cdot L_a \cdot D} = \frac{1595}{0,5 \cdot 1,432 \cdot 4,237 \cdot 1,678} = 313,32 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, \quad (2)$$

де m – повна маса автомобіля, що рухався до моменту контакту, кг ;

H – висота автомобіля, що рухався до моменту контакту, м ;

L_a – довжина автомобіля, що рухався до моменту контакту, м ;

D – ширина автомобіля, що рухався до моменту контакту, м ;

0,5 – коефіцієнт, що враховує форму кузова автомобіля, що рухався до моменту контакту.

Тоді, прийнявши, що $v = 17 \text{ м/с}$, за формулою (2) маємо $q = \frac{313,32 \cdot 17^2}{2} = 45274,74 \frac{\text{кгс}}{\text{м}^2} = 452,74 \text{ кПа}$.

У першому наближенні представимо розрахунок стійки огорожі як консольної балки довжиною 1 м з поперечним перерізом у вигляді сталевго швелера (рис.2). Відстань між стійками приймаємо 40 см, а ригель ПО виготовлений зі швелера № 14. Розрахунок виконаємо, врахувавши лише деформацію плоского згину. Навантаження приведемо до зосередженої сили $F = 452,74 \text{ кПа} \cdot 0,40 \text{ м} \cdot 0,14 \text{ м} = 25,35 \text{ кН}$.

Згідно формул плоского згину [1] момент опору поперечного перерізу, буде дорівнювати:

$$W_x = \frac{F \cdot L}{R_y} = \frac{25,35 \text{ кН} \cdot 1 \text{ м}}{235 \cdot \text{МПа}} = 108 \text{ см}^3, \quad (3)$$

де W_x – осьовий момент опору поперечного перерізу;

x – центральна вісь поперечного перерізу, що перпендикулярна до лінії дії навантаження F ;

R_y – розрахунковий опір для сталі на основі [2] приймаємо рівним 235 МПа.

Маючи значення моменту опору згідно існуючих сортаментів профілів металопрокату та враховуючи конструктивні вимоги до ПО, можна підібрати поперечний переріз необхідної форми та з відповідними геометричними характеристиками.

Для даної роботи згідно [3] приймаємо швелер № 18П з розрахунковим моментом опору рівним 121 см^3 .

Висновки

1. Окреслена проблематика ситуації ДТП, коли під кузов великогабаритного ТЗ при наїзді попадає легковий автомобіль, що рухається. При такій ситуації зона життєдіяльності пасажирів, що знаходяться легковому автомобілі, співпадає з зоною його деформації.

2. Запропоновано обладнувати великогабаритні вітчизняні ТЗ протиударними огорожами, що дозволить суттєво знизити тяжкість наслідків ДТП і, таким чином суттєво підвищити безпеку дорожнього руху в Україні.

3. Розроблена методика дозволяє обрати відповідний тип металевого профілю огорожі для стану ДТП, коли легковий автомобіль, рухаючись, наїжджає на транспортний засіб, що тимчасово зупинився.

Література

1. Опір матеріалів з основами теорії пружності й пластичності: У 2 ч., 5 кн. – Ч. 1, кн. 2. Опір бруса: Підручник / В.Г. Піскунов, Ю.М. Федоренко, В.Д. Шевченко та ін.; За ред. В.Г. Піскунова. – К.: Вища шк.. – 1994. 335 с.: іл.
2. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування
3. ДСТУ 3436–96 (ГОСТ 8240–97). Швелери сталеві гарячекатані. Сортамент. Держстандарт України.
4. WHO World Road Accidents Statistics Data. Geneva. WHO, 2010. 440 p. (Engl.)
5. Коноплянко В.И. Организация и безопасность дорожного движения. – М.: Транспорт. –1991. – 183 с.
6. Gusev O.V. Improving the road transport safety. Visnyk NTU. 2004. No. 9. P. 98 – 103. (Engl.)
7. Klebelsberg D. Verkehrspsychologie. –N.Y.: Springer–Verlag, 2002. – 523 p.

Рецензенти:

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

Онищенко А.М., канд. техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

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

Onyschenko A.M., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **30.11.2016 р.**

УДК 625.7/.8

Дмитриченко А.М., канд. техн. наук, Гамеляк І.П., д-р. техн. наук

ЗАСОБИ ЗВАЖУВАННЯ ВЕЛИКОВАГОВИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Анотація. У статті розглянуті проблеми руйнування доріг при проїзді транспортних засобів (ТЗ) та контроль за перевезеннями перевантажених транспортних засобів. Виконано аналіз використання засобів зважування великовагових транспортних засобів. Запропоновано області використання статичних (стаціонарних та пересувних), динамічних (зважування в русі) засобів зважування з метою збереження конструкції дорожнього одягу.

Об'єкт дослідження – процес зважування великовагових транспортних засобів.

Мета роботи - контроль над проїздом великовагових ТЗ з метою збереження автомобільних доріг.

Методи дослідження – аналітико експериментальні.

Ключові слова: зважування, руйнування доріг, контроль.

УДК 625.7/.8

Дмитриченко А.Н., канд. техн. наук, Гамеляк И.П., д-р. техн. наук

СРЕДСТВА ВЗВЕШИВАНИЯ ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Аннотация. В статье рассмотрены проблемы разрушения дорог при проезде транспортных средств (ТС) и контроль за перевозками перегруженных транспортных средств. Выполнен анализ использования средств взвешивания большегрузных транспортных средств. Предложено области использования статических (стационарных и передвижных), динамических (взвешивание в движении) средств взвешивания с целью сохранения конструкции дорожной одежды.

Объект исследования – процесс взвешивания большегрузных транспортных средств.

Цель работы – контроль за проездом тяжеловесных ТС с целью сохранения автомобильных дорог.

Методы исследования – аналитико - экспериментальные.

Ключевые слова: взвешивание, разрушения дорог, контроль.

UDC 625.7/.8

Dmitrichenko A.M., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), **Gameliak I.P.**, Dr. Tech. Sci.

MEANS WEIGHING HEAVY VEHICLES

Abstract. The article describes the problem of destruction roads when driving vehicles (TC) and traffic control overloaded vehicles. The analysis to use of weighing heavy vehicles. Is offered field of use static (stationary and mobile), dynamic (weigh in motion) weighing system to preserve pavement construction.

The object of study – the weighing process of heavy vehicles.

The purpose of this study — to control heavy vehicle traffic in order to maintain roads..

Research methods – analytical, experimental.

Keywords: weighing, the destruction of roads, control.

Вступ

Переважна більшість автомобільних доріг України збудована у 60 - 80 - ті роки минулого століття відповідно до чинних на той час стандартів та вимог. Внаслідок зростання характеристик транспортних засобів, конструкції дорожнього одягу не в змозі витримувати динамічні навантаження, які виникають під час руху сучасних транспортних засобів. Близько 74% автомобільних доріг України були збудовані під розрахункові навантаження на вісь – 6 тонн та загальною вагою не більше – 24 т. За останні десятиліття навантаження значно зросли і становлять 11,5 т на ведучу одинарну вісь, 18 т на здвоєну вісь та 24 т на строєну вісь при загальній масі в залежності від кількості осей більше 40 т .[1, 2].

Зазначені обставини стали причиною того, що більшість автомобільних доріг втратили несну здатність, дорожнє покриття має суттєві деформації та руйнування.

Тому, актуальним є питання збереження доріг при проїзді великовагових транспортних засобів за рахунок використання засобів зважування.

Основна частина

При проектуванні й будівництві автомобільних доріг розрахунок конструкцій дорожніх одягів здійснюють виходячи із нормативних вагових параметрів автотранспортних засобів. Внаслідок порушення вагових параметрів покриття деформується й передчасно руйнується та зменшується строк служби доріг. Існує степенева залежність між перевищенням осьового навантаження і ступенем пошкодження дорожнього одягу [1 - 4]

$$T_{сл\_н} = T_{сл} \cdot (Q_n/Q)^b, \quad (1)$$

де $T_{сл\_н}$ - строк служби конструкції з нормативним навантаженням;

$T_{сл}$ - строк служби конструкцій при дії збільшеного навантаження;

Q_n - навантаження нормативне; Q - діюче навантаження (наднормативне).

$b = 4,4$ - для найбільш розповсюджених дорожніх одягів України.

Наприклад, якщо всі осьові навантаження збільшити з 10 т до 11,5 т на вісь, тобто на 15%, то строк служби між капітальним ремонтами зменшиться у 1,85 рази, тобто затрати на ремонт зростають майже в двічі. Для збереження нормативного міжремонтного строку необхідно провести попереджуваче підсилення дорожнього одягу шляхом збільшення товщини.

$$H_1/H_2 = C_1/C_2 = (Q_1/Q_2)^\alpha, \quad (2)$$

де $\alpha = 0,5 - 0,8$ (для найбільш розповсюджених дорожніх одягів України, причому менше значення відноситься до більш капітального одягу).

Наприклад, при $Q_1/Q_2 = 1,15$ маємо збільшення товщини в 1,072 рази, тобто товщина дорожнього одягу для забезпечення існуючого міжремонтного строку повинна із збільшенням навантаження на 15% вирости на 7,2 %. Це значить, що існуючі дорожні одяги товщиною 70 см (II категорія) повинні бути підсилені до товщини 75 см, тобто підсилені одним шаром асфальтобетону

товщиною 5 см. Нажаль, таке попереджувальне посилення при переході на сучасні навантаження не було виконано, тому відбувається інтенсивне руйнування автомобільних доріг.

Головним фактором, що визначає частоту та вид ремонтних робіт, є кількість вантажного транспорту з перевищенням гранично - допустимих вагових навантажень, які призводять до руйнування доріг. Крім того можна визначити основні фактори руйнування доріг:

- у результаті перевантаження на вісь транспортних засобів відбувається інтенсивне руйнування конструкції дорожнього одягу у вигляді просадок, проламів, сітки тріщин тощо.

- підвищення тиску в пневматику коліс транспортних засобів до 0,9 ...1,1 МПа, разом з дією високих літніх температур (нагрівання покриття до 60 °С і вище, призводить до руйнувань асфальтобетонного покриття у вигляді колії та деформацій зсуву (гребінка, хвиля тощо).

- дефекти на дорожньому покритті утворюються також у результаті дії погодно – кліматичних факторів, коли під час дощів волога проникає у тріщини, та відбувається перезволоження ґрунтовими чи напірними водами та відбувається втрата міцності дорожнього покриття, що призводить до утворення вибоїн та ямковості.

- у період мінусових температур волога проникає в шари покриття та здатна збільшуватися в об'ємі до 9,2% і тим самим руйнувати структуру покриття за рахунок замерзання - відтавання.

- до руйнування дорожнього одягу призводить неправильне проектування та дефекти будівництва автомобільної дороги. Неточно проведені дослідження, розрахунки і допущені помилки при будівництві дорожнього покриття можуть сприяти утворенню дефектів на дорозі та привести до руйнування дорожнього одягу, а саме: порушиться цілісність покриття; просідання дороги; знизиться міцність ґрунтової основи.

- застосування старих норм, технологій та матеріалів низької якості - є часто причиною передчасного руйнування покриття. Щоб уникнути дефектів і зносу дорожнього одягу, слід не тільки застосовувати нові суміші для укладання, але і вибирати нові технології, які дозволять підвищити якість, надійність та довговічність конструкції дорожнього одягу автомобільної дороги.

До основних способів запобігання передчасного руйнуванню автомобільних доріг та підвищення їх надійності при експлуатації автомобільних доріг відноситься проведення контролю великовагових та габаритних параметрів транспортних засобів із застосуванням видів вагового контролю наведених нижче [5-6].

Засоби зважування великовагових ТЗ можна класифікувати за показником зміни швидкості руху при проведенні контролю:

- зважування в статиці (LOW speed);
- зважування пересувними мобільними комплексами (MEDIUM speed);
- зважування в русі (HIGH speed) WIM.

Схему застосування різних засобів зважування на різних елементах автомобільної дороги наведено на рис. 1.

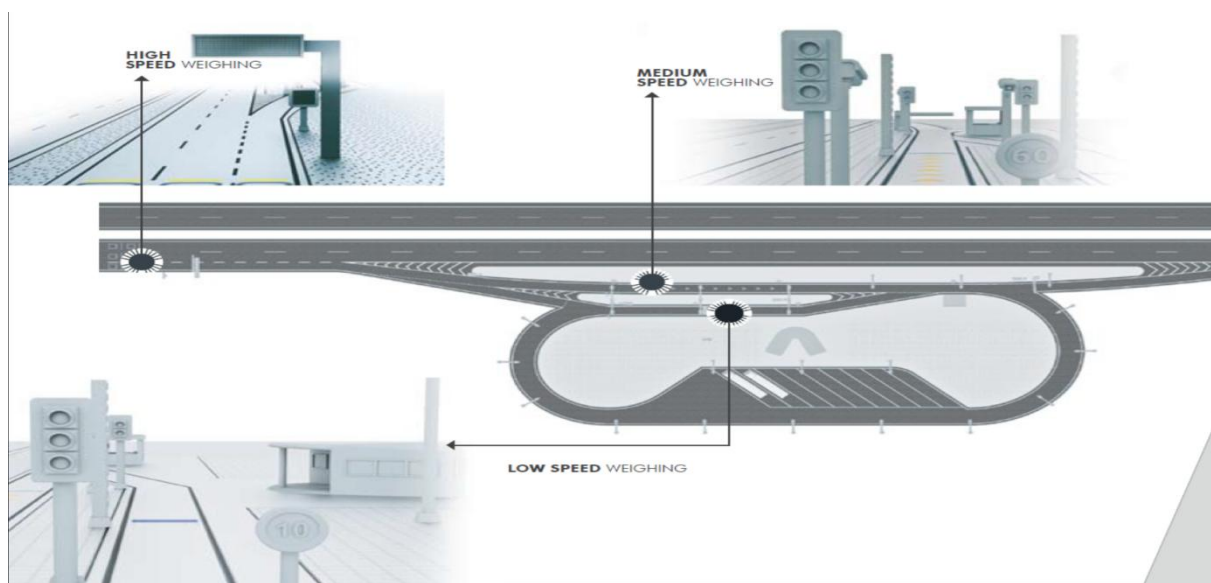


Рисунок 1 – Схема застосування різних засобів зважування на автомобільній дорозі [5]

Зважування в статиці. Такі ваги дозволяють зважувати автомобілі масою до 100 тонн і довжиною до 24 метрів. З усіх автомобільних ваг саме платформні ваги дозволяють зробити найточніше зважування, максимально надійні, мають великий термін служби. Зазвичай автомобільні платформні ваги застосовуються на підприємствах, де використовуються, як правило, для швидшого зважування машин з сипучими та рідкими вантажами.

Автомобільні платформні ваги мають суцільну пласку поверхню (рис. 2). Складаються з кількох елементів (бетонної основи, платформи та пандусів), але

конструкція може бути змінена. Зазвичай, автомобільні платформні ваги встановлюють лише на рівні площадки, що полегшує маневрування машин будь-якої конфігурації.

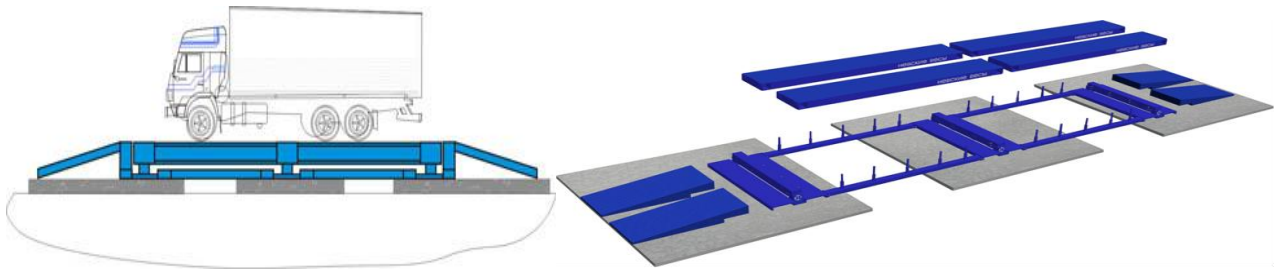


Рисунок 2 – Загальний вигляд та платформа для зважування а статиці [6]

Автомобільні платформні ваги є точними - похибка ($\pm 60\text{кг}$) і надійними вагами, проте є певні недоліки: ваги займають дуже велику площу; вантажно-приймальна платформа дуже металомістка і важка; існують підвищені вимоги до конструкції фундаменту, датчиків. Цей тип ваг є найбільш дорогим із усієї лінійки автомобільних ваг.

Зважування пересувними мобільними комплексами. Мобільні системи зважування, які дають можливість визначати вагу товарів (поосне зважування) і матеріалів не на фіксованому місці, тобто достатньо мати рівну поверхню. Складаються з двох грузо-приймальних платформ з гумовими пандусами та електронним обладнанням, що включає термінал та програмне забезпечення (рис. 3).



Рисунок 3 – Загальний вигляд зважування пересувними мобільними комплексами (MEDIUM speed) [7]

Система роботи складається з наїзду (поосному) на платформу після чого фіксується позначка ваги на терміналі та обробляється програмою, яка

визначає, як вагу по осям, а також загальну масу (загальна сума по осям) великовагового транспортного засобу. Але є певні недоліки системи при зважуванні, так система має значну похибку $\pm 650\text{кг}$. Також однією з функцій є зважування при проходженні великовагового транспортного засобу зі швидкістю до 5 км/год.

Зважування в русі. Достатньо нова система в Україні. Система зважування пристосована для використання на автомобільних дорогах міжнародного та загального користування. Система складається з кварцових датчиків які вмонтовані в дорожнє полотно, системи камер для фіксації транспортного засобу та комп'ютерного комплексу (рис. 4).

Принцип дії такий же як і в системі зважування пересувними комплексами вагами, але є певні переваги перед учасниками дорожнього руху:

- більша точність зважування похибка 7% від ваги осі,
- відсутність людського фактору,
- процес зважування без обмеження руху,
- безперервний контроль автомобільного потоку.

Інформація поступає до інформаційного центру та за лічені секунди обробляється і на виході маємо не тільки вагу по осям, а також загальну вагу, ідентифіковане авто, яке при порушенні вагових параметрів відправляється на перевірку на спеціально влаштованих місцях стаціонарної перевірки.

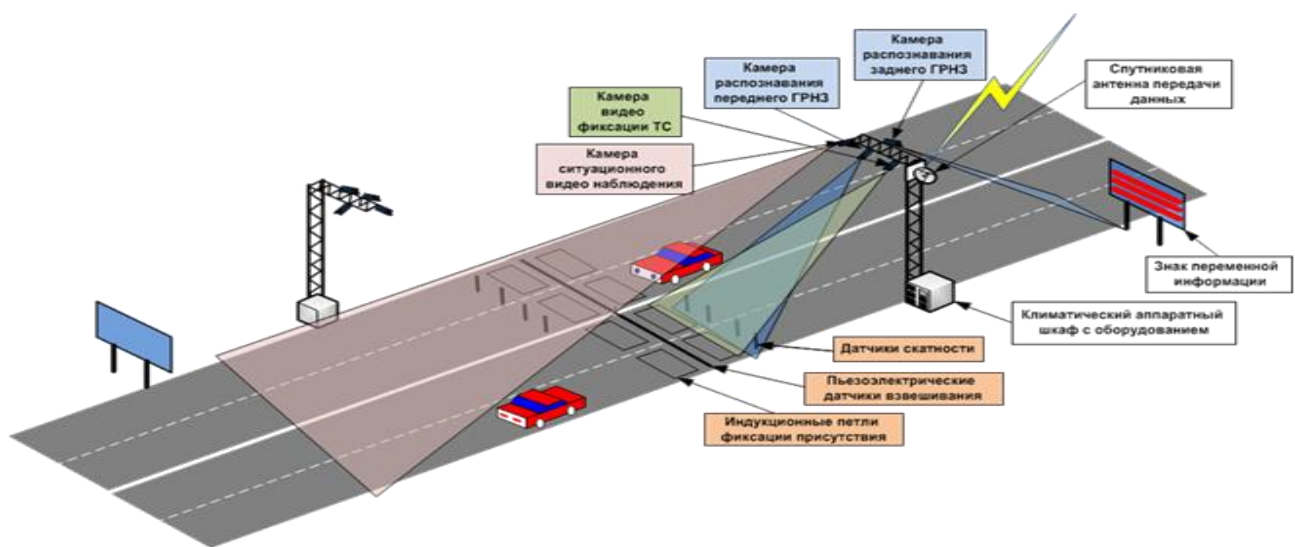


Рисунок 4 – Конструкція системи зважування в русі (HIGH speed) WIM [8]

Система реалізована в пілотному проекті на автомобільній дорозі М-06 Київ-Чоп (24+100 км) (рис. 5).

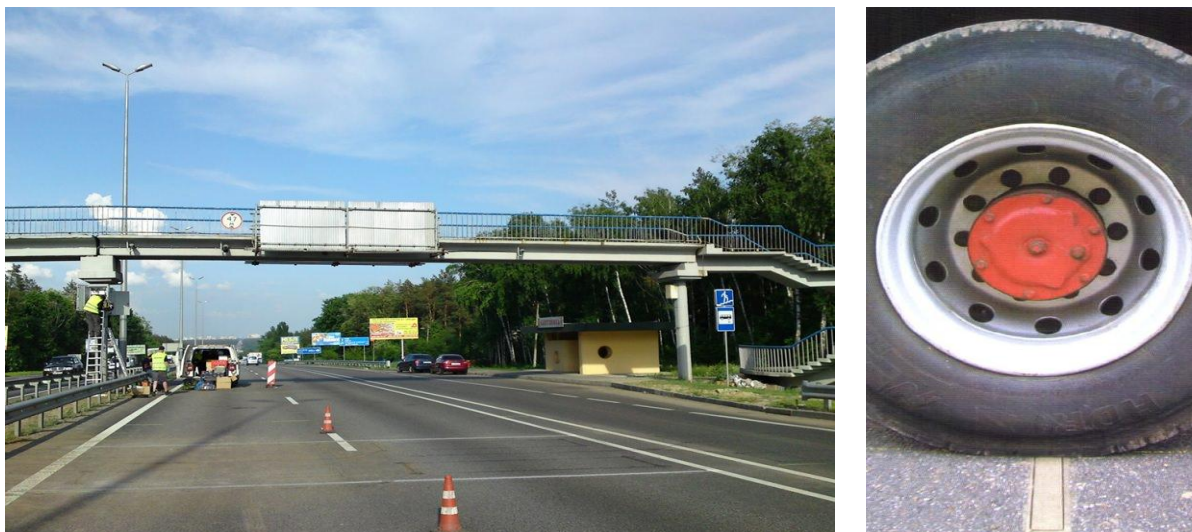


Рисунок 5 - Загальний вигляд системи зважування на автомобільній дорозі М-06 Київ-Чоп (24+100 км) [9]

За останній рік роботи системи вдалося перевірити автотранспортних засобів загальною кількістю 4430289, із них 441353 великовагових транспортних засобів, що становить майже 10% від загальної кількості транспортних засобів. З них системі вдалося визначити 130308 авто порушників, це майже 30% від загальної кількості великовагових транспортних засобів (рис. 6) [10].

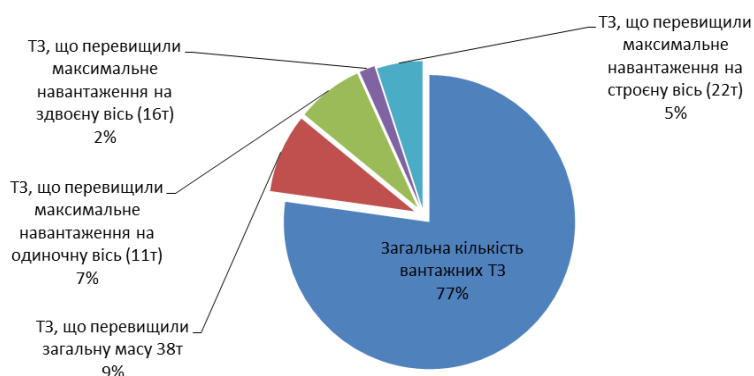


Рисунок 6 – Статистика порушень вантажних ТЗ на автомобільній дорозі М-06 Київ-Чоп (24+100 км) за рік

Висновки

За результатами досліджень встановлено, що для запобігання руйнуванню доріг необхідне виконання таких вимог:

- у процесі влаштування дорожнього покриття дотримуватися контролю якості, правил і вимог при будівництві конструкції дорожнього одягу автомобільної дороги;
- для забезпечення однорідності конструкцій важливим є використання новітніх матеріалів, обладнання і сучасні технології при будівництві доріг;
- своєчасне виявлення та ремонт пошкоджень дозволить запобігти подальшому руйнуванню та збільшить довговічність дорожнього покриття.

Аналіз засобів зважування, показує, що кожен тип зважування має свої недоліки та переваги деякі навіть суттєвіші при зважуванні в статиці та зважуванні пересувними мобільними комплексами: похибка зважування, місце розташування, а переваги над комплексом зважування в русі є мобільність. Комплекс зважування в русі на теперішній час є більш пріоритетним (основна перевага це відсутність людського фактору). Має бути розроблена схема оптимального розміщення комплексів (вузлові точки, межі адміністративних районів, в'їзди та виїзди з портів та обласних центрів України тощо). Також особлива увага повинна приділятися виконанню проекту від 19.11.2015 між Україною та ЕБРР «Проект розвитку дорожньої галузі», що включає в себе розроблення та впровадження комплексної системи безпеки руху, та включатиме в себе систему електронного справляння плати (ETC), систему зважування автотранспорту в русі з метою контролю навантаження навісь (WIM), а також автоматичні камери контролю швидкісного режиму (ASE).

Література

1. Радовський Б.С., Супрун А.С. Конструювання дорожнього одягу для багатовісних транспортних засобів великої вантажопідйомності. - Оглядова інформація ЦБНТІ Мінавтодор РРФСР, № 3, 1985. - 60 с.
2. Радовський Б.С. Вплив навантажень від автотранспортних засобів на довговічність дорожнього одягу. / Автомобільні дороги, № 10, 1984. - С. 6 - 8.
3. Гамеляк Ігор Павлович. Основи забезпечення надійності конструкцій дорожнього одягу: дис... д-ра техн. наук: 05.22.11 / Національний транспортний ун-т. - К., 2005.
4. Дмитриченко М.Ф., Дмитрієв М.М., Гамеляк І.П., Райковський В.Ф., Якименко Я.М. Надійність конструкцій дорожнього одягу. - Навч. посібник. К., НТУ. - 2012. - 206 с.
5. <http://www.girwim.com>
6. <http://unives.ru>
7. <http://www.mirvesov.ua>
8. <http://asiagreat.kz>
9. <http://startranseuro.com.ua/photo.html>
10. <http://startranseuro.com.ua/statistics.html>

Рецензенти:

Савенко В.Я., д-р тех. наук, Національний транспортний університет.
Жданюк В.К., д-р техн. наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.

Reviewers:

Savenko V.Ya., Dr. Tech. Sci., National Transport University.
Zhdaniuk V.K., Dr. Tech. Sci., Kharkiv National Automobile and Highway University.

Стаття надійшла до редакції: 20.12.2016 р.

УДК 532.5:627.13:541.64

Мудрак К.В., канд. хім. наук

ГАЗОРОЗДІЛЬНІ МЕМБРАНИ

Анотація. В роботі розглянуто ефективний метод очистки газових викидів різних підприємств. В якості газороздільних установок використовуються полімерні мембранні модулі, виготовлені на основі поліамідоїмідів. Приділено увагу залежності газороздільних властивостей мембран від їхнього хімічного складу.

Ключові слова: газороздільні мембрани, поліамідоїмід, селективність, мембранні модулі.

УДК 532.5:627.13:541.64

Мудрак К.В., канд. хим. наук

ГАЗОРАЗДЕЛИТЕЛЬНЫЕ МЕМБРАНЫ

Аннотация. В работе рассмотрен эффективный метод очистки газовых выбросов различных производств. В качестве газоразделительных установок используются полимерные мембранные модули, изготовленные на основе полиамидоимидов. Уделено внимание зависимости газоразделительных свойств мембран от их химического состава.

Ключевые слова: газоразделительные мембраны, полиамидоимиды, селективность, мембранные модули.

Mudrak, K. V., Cand. chem. Sciences

GASSEPARATE MEMBRANE

Abstract. We consider effective method for cleaning exhaust gases of different companies. As gas-separating systems used polymer membrane modules made from polyamidoimides. Attention is paid depending gas-separating membrane properties of their chemical composition.

Keywords: gas-separating membrane, poliamidoimide, selectivity, membrane modules.

Вступ

Підприємства хімічної промисловості займають перше місце за шкідливістю газових викидів у атмосферу. У зв'язку з цим актуальним є питання поліпшення екологічного стану таких підприємств. Для вирішення проблеми можуть бути використані газороздільні мембрани.

Основна частина

Питаннями розділу газових потоків за рахунок використання плоских мембран займалися такі вчені, як Naraya K., Nakuta K., Obata Y., Barbari T.A., Koros W.J., Storn S.A. та ін. (1-3). Запропоновані ними мембрани на основі поліімідів характеризувалися високою селективністю, але відносно низьким рівнем проникненості по цільовому компоненту.

Мембрани працюють наступним чином. В мембранний модуль, що містить або плоску мембрану, або мембрану у вигляді порожнистого волокна, подають суміш газів. Цільовий компонент газової суміші, що має найбільшу швидкість проникненості через стінку мембрани, попадає в «підмембранний» простір мембранного модуля. Таким чином, відбувається виділення (концентрування) цільового компонента газової суміші.

Газороздільні мембрани оптимальної конструкції являють собою порожнинні мікрОВОлокна з асиметричною структурою стінки. Такі мембрани виготовляють з розчинів полімерів за методом сухо-микрої інверсії фаз. Асиметричні порожнисті волокна мають складну структуру стінки, яка складається з тонкого (0,01-1,0 мкм) поверхневого шару з пористістю

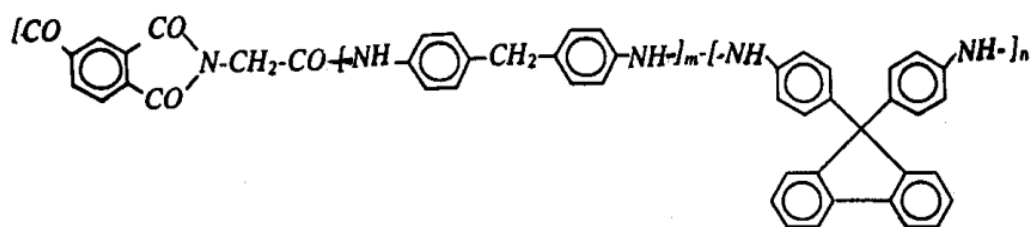
приблизно 5% і дуже малими розмірами пор – 10–65 нм, які визначають функціональність мембран, а також з товстого мікропористого субшару (пористість близько 80%), який забезпечує мембрані механічну міцність. Оптимальне проектування газороздільних мембран - поєднання високої продуктивності і достатньої селективності.

Селективність може бути досягнута вибором полімеру з відповідною хімічною структурою, що забезпечує кореляцію молекулярних характеристик з газорозподільними властивостями.

Для склоподібних полімерів термодинамічний фактор селективності несуттєвий. Кінетичний фактор селективності контролюється вільним об'ємом. «Кінетична» складова вільного об'єму f^K більш вірний вибір порівняно з «геометричною» f^G .

У відповідності з запропонованою концепцією був розроблений ряд газороздільних мембран на основі амідів три- та тетракарбонових кислот (4,5).

Технічна задача по підвищенню газопроникненості при зберіганні відповідної селективності була вирішена за рахунок того, що в якості матеріала мембрани використали поліамідоіміди і сополіамідоіміди (6), зокрема, наступної структури:



Матеріал мембрани - поліамідоімід, має високу термічну та хімічну стійкість.

Транспортні властивості порожнистих волокон на основі, наприклад, поліамідоіміду (5) визначаються, наступною селективністю ϕ газів і парів:

$$\text{H}_2\text{O}/\text{CH}_4 = 2000, \quad \text{H}_2/\text{N}_2 = 68, \quad \text{H}_2/\text{CH}_4 = 150, \quad \text{CO}_2/\text{CH}_4 = 38, \quad \text{He}/\text{CO}_2 = 3$$

та проникненістю, 295K, 0,1МПа, Баррер/см 10^{-6} :

$$\text{H}_2\text{O} - 1000; \text{H}_2 - 7.5; \text{He} - 5.8; \text{CO}_2 - 1.9; \text{O}_2 - 0.39; \text{N}_2 - 0.11.$$

Висновки

На підприємствах хімічної, нафтодобувної і ін. промисловостей для розподілу газових потоків, що містять водень, гелій, діоксид вуглецю, кисень,

азот, метан, можуть бути використані порожнисті волокна на основі поліамідоїмідів у вигляді мембранних модулів, які в певній послідовності об'єднуються у мембранні пристрої або установки. Після закінчення запланованого строку використання модулів ГРМ на основі ПАІ мембранний матеріал може бути використаний як сировина при виготовленні високоякісних покриттів для електротехнічних приладів.

Література

1. Haraya K., Hakuta K., Obata Y., Shindo N., Itoh K., Wakabayashi K. Development of gas separation membranes in Japanese «Si Chemistry» Project /Gas Separation and Purification. 1987, V.1, №1. - P.3-10.
2. Barbari T.A., Koros W.J., Paul D.R. Polymeric membranes based on bisphenol A for gas separations / J. Membrane Sci. 1989.V.42, №1. - P. 69-86.
3. Storn S.A., Vaidyanathan R., Prait J.R. Structure/permeability relationship of silicon containing polyimides/ J. Membrane Sci. 1990.V.49, №1. -P. 1-14.
4. Мудрак К.В. Синтез и свойства полиамидоимидов на основе имидов три- и тетракарбоновых кислот /Диссертация на соискание степени канд. хим. наук . 1996.
5. Петренко К.Д., Мудрак К.В. Замулина Л.И., Привалко В.П. Газоразделительная мембрана. Заявка на патент №5023815 от 22.01.92г. - 8с.
6. Привалко В.П., Мудрак К.В., Усенко А.А., Бенінг М., Кресс І., Шпрінгер Ю. Газороздільні властивості поліамідоїмідів/ Тези доповідей VIII Української конференції по ВМС. 1996. - С.195.

Рецензенти:

Хрутьба В.О., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.
Безуглий А.О, канд. екон. наук, ДП "ДерждорНДІ".

Reviewers:

Hrutba V.O., Dr. Tech. Sci., National Transport University.
Bezuhlyi A.O., Cand.Econom. Sci., "DerzhdorNDI".

Стаття надійшла до редакції: **12.01.2017 р.**

УДК 691.175

Мустяца О.Н., канд. хім. наук

**ПІДВИЩЕННЯ ГОРЮЧОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ
(ПОЛІМЕРІВ) – ЯК ЧИННИК, ЩО ВПЛИВАЄ НА ПОЛІПШЕННЯ
ЕКОЛОГІЇ**

Анотація. Показано, що деякі фториди металів і кристалогідрати солей є одними з перспективних наповнювачів-антипіренів неорганічної природи, що знижують горючість поліформальдегіду і поліетилену, що володіють низьким кисневим індексом, покращуючи, таким чином, їх екологічність як будівельних матеріалів. При вмісті наповнювачів-антипіренів до 50 об. % в зазначених полімерах спостерігається перехід горючих легкозаймистих матеріалів в групу самозатухаючих на повітрі. Встановлено, що зниження горючості полівінілхлориду та аліфатичного поліаміду в присутності тих же наповнювачів-антипіренів значно нижче, ніж поліформальдегіду і поліетилену. Ефективність дії наповнювачів-антипіренів на горючість полімерних матеріалів залежить від їх природи, відповідності температур розкладання полімерів і наповнювачів, а також обумовлена величинами теплот згоряння вихідних полімерів і ступенем дисперсності наповнювачів-антипіренів. Результати даної роботи слід використовувати при створенні полімерних композиційних матеріалів зі зниженою горючістю, що знаходять все зростаюче застосування в транспортному, дорожньому і цивільному будівництві.

Ключові слова: горючість, кисневий індекс, полімери, наповнювачі-антипірени, екологія.

УДК 691.175

Мустяца О.Н., канд. хим. наук

**ПОВЫШЕНИЕ ГОРЮЧЕСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
(ПОЛИМЕРОВ) – КАК ФАКТОР, ВЛИЯЮЩИЙ
НА УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГИИ**

Аннотация. Показано, что некоторые фториды металлов и кристаллогидраты солей являются одними из перспективных наполнителей-антипиренов неорганической природы, понижающих горючесть полиформальдегида и полиэтилена, обладающих низким кислородным индексом, и таким образом,

улучшающих их экологичность как строительных материалов. При содержании наполнителей-антипиренов до 50 об. % в указанных полимерах наблюдается переход горючих легковоспламеняющихся материалов в группу самозатухающих на воздухе. Установлено, что снижение горючести поливинилхлорида и алифатического полиамида в присутствии тех же наполнителей-антипиренов значительно ниже, чем полиформальдегида и полиэтилена. Эффективность действия наполнителей-антипиренов на горючесть полимерных материалов зависит от их природы, соответствия температур разложения полимеров и наполнителей, а также обусловлена величинами теплот сгорания исходных полимеров и степенью дисперсности наполнителей-антипиренов.

Результаты данной работы следует использовать при создании полимерных композиционных материалов с пониженной горючестью, находящихся всё возрастающее применение в транспортном, дорожном и гражданском строительстве.

Ключевые слова: горючесть, кислородный индекс, полимеры, наполнители-антипирены, экология.

UDC 691.175

Mustiatsa O.N., Cand. Che. Sci. (Ph.D.)

IMPROVING THE COMBUSTIBILITY OF BUILDING MATERIALS (POLYMERS) – AS A FACTOR ON IMPROVEMENT OF ECOLOGY

Abstract. It has been shown that some metal fluorides and salt crystalline hydrates are some of the most promising fire-retarding fillers of inorganic nature that reduce combustibility of polyformaldehyde and polyethylene with low oxygen index and thus improve their environmental friendliness as construction materials. We can observe the transformation of highly inflammable materials into flammable self-extinguishing ones when the concentration of fire-retarding fillers in the indicated polymers is up to 50 vol. %. It has been found that reducing of flammability of PVC and aliphatic polyamide is much lower than flammability of polyformaldehyde and polyethylene in the presence of the same fire-retarding fillers.

The effectiveness of fire-retarding fillers on flammability of polymeric materials depends on their nature, corresponds to the temperature of decomposition of polymers and fillers, as well as due to the values of the heats of combustion of initial polymers and the degree of dispersion of fire-retarding fillers.

The results of this study should be used in creating polymer composite materials with low flammability that are applied in transport, road and civil constructions more often today.

Keywords: flammability, oxygen index, polymers, fire-retarding fillers, ecology.

Основным и обязательным компонентом пластмасс является полимер, но только лишь некоторые строительные пластмассы целиком состоят из полимера (например, органическое стекло, состоящее из полиметилметакрилата). В состав большинства пластмасс входят и другие компоненты: наполнители, пластификаторы, стабилизаторы, красители и др.

Полимер в пластмассах выполняет роль связующего, аналогично цементу в бетонах. От вида полимера, его свойств и количества зависят важнейшие свойства этих многокомпонентных материалов.

Полимеры, способные многократно размягчаться и отвердевать при попеременном нагревании и охлаждении, называются термопластичными. Большинство из них хорошо растворимы в органических растворителях. Характерной особенностью многих термопластичных полимеров является быстрое снижение механических свойств при повышении температуры. Все эти свойства обусловлены линейным строением молекул полимера, их малой связью друг с другом, снижающейся при нагревании, и неспособностью к образованию сетчатых (сшитых) макромолекул. К термопластичным полимерам, нашедших широкое применение в строительных материалах, относятся: полиэтилен, полипропилен, полистирол, поливинилхлорид. Термореактивные полимеры в отличие от термопластичных отвердевают необратимо. Отверждение происходит в результате сшивания линейных молекул в пространственные структуры как с помощью отверждающих добавок (отвердителей, вулканизаторов), так и за счет активных групп самих полимеров. В неотверждённом состоянии термореактивные полимеры обычно представляют собой олигомерные продукты. Термореактивные полимеры после отвердевания не растворяются ни в каких растворителях, хотя могут набухать в некоторых из них; при повышении температуры до некоторого предела они незначительно изменяют свои свойства, а затем наступает их термодеструкция (разложение). В отвержденном виде термореактивные полимеры более твердые и прочные, чем термопластичные. Примером термореактивных полимеров могут служить фенолформальдегидные, карбамидные, эпоксидные полимеры.

К настоящему времени синтезировано большое количество полимеров (несколько тысяч), но широкое применение в народном хозяйстве нашло только около 20, так называемых крупнотоннажных полимеров.

Проблема получения полимерных материалов пониженной горючести является наиболее актуальной в развитии современного полимерного материаловедения [1-4].

Основными потребителями трудновоспламеняющихся полимерных материалов, не поддерживающих горение в атмосфере воздуха, являются авиационная промышленность и судостроение, где последствия загорания наиболее опасны. Одним из методов понижения горючести полимеров считается изменение соотношения горючих и негорючих продуктов разложения материала в пользу негорючих. Введение в полимеры наполнителей неорганической природы - один из способов снижения горючести полимерных материалов [1-4].

Наиболее огнестойким полимером с кислородным индексом (КИ=95) является политетрафторэтилен, а наиболее горючими: полиформальдегид (КИ=15,3) и полиэтилен (КИ=17,4). В связи с этим представляет интерес исследование горючести полимерных материалов с низким КИ, содержащих наполнители неорганической природы, в состав которых входит фтор. Известно так же [1-4], что некоторые наполнители полимеров неорганической природы при повышенной температуре разлагаются на компоненты, не поддерживающие горение и даже приводящие к гашению пламени. Такие наполнители не только снижают содержание горючей составляющей материала, но и могут проявлять свойства антипиренов. В большинстве случаев с этой целью используются вещества, разлагающиеся при температурах ниже 673-773 К с поглощением тепла и обычно с выделением паров воды и/или углекислого газа, аммиака - гидроксиды, карбонаты, гидрокарбонаты металлов, аммоний фосфаты и т. п. [1-4].

Классическим примером таких наполнителей является гидроксид алюминия, который нетоксичен и при термическом разложении выше 493 К выделяет лишь пары воды. По-видимому, некоторые соединения, содержащие в своем составе кристаллизационную воду (например, кристаллогидраты солей), могут представлять интерес в качестве наполнителей-антипиренов, т.к. содержат воду в своем составе на 10 % больше, чем гидроксид алюминия. Такие соединения следует отнести к разряду экологически безопасных

наполнителей-антипиренов (ЭНАП).

Цель данной работы - показать возможность понижения горючести типичных термопластичных материалов, главным образом с низким кислородным индексом, путем введения в них дисперсных наполнителей-антипиренов неорганической природы, в особенности экологически безопасных при горении полимерных материалов.

В работе исследовано влияние гидрофторида калия $[\text{KHF}_2]$, фторида кальция (CaF_2) и кристаллогидратов сульфата цинка $[\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}]$, калий-хромосульфата $[\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$, аммоний-железосульфата $[\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$ на горючесть полиформальдегида (ПФА), полиэтилена низкого давления (ПЭ), суспензионного поливинилхлорида (ПВХ) марки С-6359 М (ГОСТ-14332-78) и алифатического полиамида (П-66). В качестве объектов исследования служили: ПФА с молекулярной массой $6,5 \cdot 10^4$, ПЭ с молекулярной массой $9,5 \cdot 10^4$, ПВХ с молекулярной массой $1,2 \cdot 10^5$ и П-66 с молекулярной массой $2,1 \cdot 10^4$, наполненные дисперсными порошками указанных добавок. Наполнители (30-50 об. %) тщательно перемешивались с дисперсными порошками полимеров на шаровой мельнице. Образцы получали методом горячего прессования под давлением 35 МПа в течение 20 минут.

Для испытания относительной горючести полимерных материалов широкое распространение получил метод определения кислородного индекса. Кислородный индекс выражает минимальную объёмную концентрацию кислорода в потоке $[(4 \pm 1) \cdot 10^{-2} \text{ м/с}]$ смеси кислорода с азотом, необходимую для воспламенения и поддержания устойчивого свечеподобного горения образца в течение 180 ± 3 с или распространения пламени на длину 50 мм в зависимости от того, какое условие выполняется раньше [2]. Для испытания на горючесть используется от 3 до 10 образцов размером $80 \times 6 \times 3$ мм [1]. Метод отличается высокой воспроизводимостью результатов, предназначен для сравнительной оценки способности полимерных материалов гореть в исследовательских испытаниях и широко используется экспериментаторами во всем мире [4]. Материалы с КИ >21 относят к трудновоспламеняемым, а с КИ >27 попадают в группу самозатухающих на воздухе [2]. Кислородный индекс определяли по ГОСТ 12.1.044-89.

В табл.1 приведены результаты изменения кислородного индекса (горючести) полимерных материалов при введении в них исследованных наполнителей-антипиренов.

Как видно, величина кислородного индекса постепенно возрастает во всех композиционных материалах, в особенности в интервале концентраций введенных наполнителей 40-50 об. %.

Характерно изменение КИ полиформальдегида и полиэтилена при введении в эти полимеры исследованных KNF_2 и CaF_2 . Кислородный индекс полимерных материалов (кроме ПЭ+ CaF_2) при содержании наполнителей 50 об. % находится в пределах 27,5-30,8, т.е. наблюдается переход горючих легковоспламеняющихся материалов (исходные ПФА и ПЭ с КИ <21) в группу самозатухающих на воздухе с КИ >27. Полиэтилен, содержащий 50 об. % CaF_2 , имеет КИ=25,4 и относится к трудновоспламеняемым полимерным материалам [2]. Дальнейшее повышение КИ в исследованных полимерных материалах, по-видимому, возможно при увеличении содержания указанных фторидов металлов. Однако, при больших степенях наполнения (свыше 50 об. %) полимерные материалы на основе ПФА и ПЭ, содержащие KNF_2 и CaF_2 , становятся слишком хрупкими, их некоторые физико-механические свойства ухудшаются, а переработка в изделия затруднена.

Анализируя табл.1, необходимо отметить следующие факты. Эффективность гидрофторида калия, как антипирена, выше, чем фторида кальция для обоих (ПФА, ПЭ) исследованных полимеров. Возможно, это связано с тем, что KNF_2 и CaF_2 имеют различные термические характеристики. Так, гидрофторид калия плавится при температуре 512 К, а разлагается в диапазоне температур 673-773 К. В то же время фторид кальция термически устойчив до 1691 К [5]. Вероятнее всего продукты термического разложения KNF_2 влияют на повышение кислородного индекса полимеров, т.к. их температуры начала разложения, воспламенения и самовоспламенения лежат в тех же температурных пределах [1, 2]. CaF_2 при этих температурах устойчив, но его присутствие в полимерах стабильно изменяет соотношение горючих и негорючих продуктов распада материалов в пользу негорючих [4], что приводит к увеличению КИ композиционных материалов на основе ПФА и ПЭ.

Обращает на себя внимание тот факт, что эффективность использованных фторидов металлов для увеличения кислородного индекса (снижения горючести) выше в полиформальдегиде, чем в полиэтилене (табл. 1). Такое положение объясняется значительным различием теплот сгорания этих полимеров. По данным работ [2, 3] теплота сгорания полиэтилена в 2,8 раза больше теплоты сгорания полиформальдегида, а потеря тепла от пламени

всегда тем выше, чем больше общая теплота горения полимера [3]. Подобный эффект был замечен в работе [4] при использовании для ПФА и ПЭ в качестве антипирена гидроксида алюминия.

Повышение кислородного индекса ПФА и ПЭ наблюдается также при содержании в полимерах, указанных выше кристаллогидратов (табл. 1), причём ощутимое увеличение КИ происходит после введения в полимеры более 30 об. % кристаллогидратов. Содержание кристаллогидратов в ПФА и ПЭ до 30 об. % повышает КИ не более, чем на 3-5%. Для использованных фторидов металлов наблюдается аналогичный эффект.

Таблица 1 - Зависимость кислородного индекса полимерных материалов от содержания (ф) наполнителей-антипиренов

Наполнители- антипирены	ф, об.%	ПФА	ПЭ	ПВХ	П-66
	0	15,3	17,4	44,1	24,1
KHF ₂	30	21,7	20,8	44,8	25,0
	40	25,1	23,5	47,2	26,5
	50	30,8	28,5	52,0	27,2
CaF ₂	30	17,5	19,7	44,6	25,2
	40	20,4	21,3	46,4	26,8
	50	27,5	25,4	49,1	28,3
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	30	18,5	21,0	45,5	24,3
	40	22,3	26,5	48,1	24,8
	50	31,0	32,5	54,2	25,0
KCr(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O	30	19,1	22,6	44,7	24,5
	40	24,1	27,0	47,6	25,1
	50	32,2	33,3	53,1	25,7

Сопоставляя действие исследованных кристаллогидратов и фторидов металлов на горючесть ПФА и ПЭ, видно, что кристаллогидраты, в особенности калий-хром сульфат, более эффективно влияют на повышение КИ полиэтилена и полиформальдегида, чем фториды металлов (табл. 1). Так, при содержании в ПЭ 40-50 об. % ZnSO₄·7H₂O кислородный индекс горения находится в пределах 26,5-32,5, а KCr(SO₄)₂·12H₂O - в пределах 27,0-33,3.

Горение ПФА при тех же концентрациях кристаллогидратов происходит в интервале значений КИ 22,3-31,0 и 24,1-32,2 соответственно. Исходя из этих значений КИ, самозатухающие материалы на основе ПЭ можно получить вводя в полимер 40 об. % и более кристаллогидрата калий-хром сульфата или 45-50 об. % $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Самозатухающие материалы на основе ПФА так же требуют содержания кристаллогидратов 45-50 об. %. Следует заметить, что известно [4] увеличение КИ до 25-26 в полиэтилене, содержащем 60% $\text{Al}(\text{OH})_3$.

Такой кислородный индекс недостаточен для самозатухания материала, а большое содержание неорганических наполнителей, как указывалось выше, приводит к ухудшению качества композиционных материалов. В работе [6] понижение горючести полиолефинов достигается введением в них негорючих компонентов ($\text{Al}(\text{OH})_3$ + неорганический наполнитель) более 70 %. При этом кислородный индекс полимерных материалов составляет всего 24-25 (т.е. не достигает уровня самозатухающих материалов), а прочность их при растяжении падает в 2,5-3,0 раза и разрушение носит хрупкий характер в сравнении с исходными полимерами.

Наиболее эффективно из исследованных наполнителей-антипиренов для ПФА и ПЭ проявил себя кристаллогидрат $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$. Очевидно, это связано с тем, что выделение 43 % H_2O из кристаллогидрата происходит при температуре 623 К [5]. Воспламенение и самовоспламенение полимеров происходит в диапазоне температур 580-690 К [1, 2]. Таким образом выполняется условие, при котором выделение воды при термическом разложении наполнителя-антипирена не должно заканчиваться до начала разложения полимера [2]. В то же время эффективные наполнители-антипирены должны разлагаться при температуре, не превышающей интенсивного разложения полимерного материала [1]. Такое совпадение температур разложения полимеров и наполнителей-антипиренов, по-видимому, обуславливает наиболее эффективное повышение КИ горения полимеров.

Представляет интерес действие использованных наполнителей-антипиренов неорганической природы на горение полимеров с более высоким КИ, чем у полиформальдегида и полиэтилена, в особенности термопластов, содержащих в своем составе атомы галогенов и азота.

Наиболее крупнотоннажными полимерами указанного состава считаются поливинилхлорид и алифатические полиамиды.

Непластифицированный ПВХ самовоспламеняется на воздухе при

атмосферном давлении при температуре 828 К; кислородный индекс находится в пределах 42-49 % [2]. При воздействии пламени ПВХ горит с выделением большого количества дыма, после удаления пламени на воздухе самозатухает. Наполнители неорганической природы влияют на показатели горючести ПВХ. Наполнители-антипирены типа гидроксида алюминия снижают воспламеняемость и горючесть поливинилхлорида [2]. При этом содержание наполнителя в ПВХ должно быть весьма значительным (≈ 70 %).

Сравнивая значения КИ в табл. 1, видно, что горючесть ПВХ несколько снижается в присутствии неорганических наполнителей-антипиренов. Кислородный индекс повышается на 5-10 % в сравнении с исходным ПВХ. Наиболее эффективно на повышение КИ поливинилхлорида влияет кристаллогидрат $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, наименее эффективно CaF_2 . Следует заметить, что эффективность снижения горючести ПВХ в присутствии использованных наполнителей-антипиренов значительно ниже, чем ПФА и ПЭ. Одной из причин такого явления может быть то, что исходный ПВХ имеет КИ значительно больший, чем исходные ПФА и ПЭ (табл. 1). Видно также, что кислородный индекс ПФА почти в 3 раза меньше, чем КИ поливинилхлорида при практически одинаковой теплоте сгорания этих полимеров, 4,0 и 4,3 кКал/г соответственно [2, 3]. Такое различие в значениях КИ полиформальдегида и поливинилхлорида вероятнее всего обусловлено наличием в цепи ПФА кислорода, а в ПВХ - галогена.

Алифатические полиамиды отличаются повышенной горючестью в сравнении с ароматическими полиамидами. Их кислородный индекс достигает величины – 24 % [1], что значительно ниже кислородного индекса ПВХ, но выше значений кислородного индекса ПФА и ПЭ. Для снижения горючести полиамидов могут быть использованы наполнители-антипирены различной природы. В тоже время по сравнению с другими полимерами снизить горючесть полиамидных материалов значительно сложнее - эффективность антипиренов в полиамидах низка, их необходимо вводить в полимеры в большом количестве [2].

Действительно, судя по результатам определения значений кислородного индекса П-66, содержащего 50 об. % исследованных фторидов металлов и кристаллогидратов, приведенных в табл. 1, снижение горючести полиамида в композициях весьма незначительно. Только в присутствии 50 об. % фторидов П-66 достигает уровня самозатухающих полимеров ($\text{КИ} > 27$).

Кристаллогидраты практически не влияют на горючесть этого алифатического полиамида.

По-видимому, использованные в данной работе наполнители-антипирены неорганической природы малоэффективны для снижения горючести ПВХ и совсем непригодны для повышения кислородного индекса П-66. Учитывая, что большое количество неорганических наполнителей ухудшает физико-механические свойства полимерных материалов и затрудняет их переработку в изделия, введение таких наполнителей-антипиренов в ПВХ и П-66 для снижения горючести полимеров можно считать нецелесообразным. Безусловно, использованные в данной работе наполнители неорганической природы не могут быть эффективными универсальными антипиренами для всех классов полимеров.

Понижение горючести полимеров, не увеличивая содержания наполнителей-антипиренов, можно достичь повышая степень дисперсности последних. При этом физико-механические характеристики полимерных материалов не ухудшаются в значительной мере. Такие свойства нами были получены для системы полиэтилен-аммоний-железосульфат в работе [7], в которой наполнитель-антипирен использовался в виде двух фракций: 10-20 мкм и менее 1 мкм. В табл. 2 приведены значения, кислородного индекса, предела прочности при растяжении и относительного удлинения при разрыве полиэтилена, содержащего кристаллогидрат $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$.

Таблица 2 - Зависимость КИ, σ_p и ϵ_p полиэтилена от содержания (ϕ) $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$: над чертой (частицы 10-20 мкм), под чертой (частицы < 1 мкм)

ϕ , об.%	КИ, %	σ_p , МПа	ϵ_p , %
0	17,4	23,8	690
30	$\frac{20,5}{22,3}$	$\frac{19,8}{21,4}$	$\frac{410}{610}$
40	$\frac{27,1}{30,4}$	$\frac{19,5}{20,5}$	$\frac{390}{572}$
50	$\frac{28,4}{34,5}$	$\frac{18,4}{19,4}$	$\frac{350}{520}$

Из табл. 2 видно, что кислородный индекс ПЭ растет с увеличением содержания кристаллогидрата и повышением степени его дисперсности,

достигая значений в 2 раза больших, чем у исходного полимера.

Прочность и эластичность композиций ПЭ при этом падает, оставаясь на достаточно высоком уровне, в особенности при использовании наполнителя-антипирена с частицами менее 1 мкм. Наибольшая эффективность кристаллогидрата $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ в понижении горючести ПЭ возможно обусловлена не только выделением 45 % воды, но и влиянием на повышение кислородного индекса дальнейшего разложения безводного аммоний железосульфата с выделением паров NH_3 . Следует заметить, что данные, приведенные в табл. 2, однозначно указывают на перспективность использования в качестве наполнителей антипиренов высокодисперсных кристаллогидратов солей для понижения горючести полимеров с низким кислородным индексом. Причем, введение в полимер высокодисперсного кристаллогидрата до 50 об. % не только ощутимо повышает кислородный индекс композиционного материала, но и весьма незначительно понижает его прочность и эластичность. По-видимому, использование в качестве наполнителей-антипиренов наноразмерных частиц кристаллогидратов солей может значительно расширить ассортимент полимерных материалов с пониженной горючестью и достаточно высокими физико-механическими свойствами.

В некоторых работах [8, 9] для получения самозатухающих композиций на основе полиэтилена создается 9-ти компонентная система, в которую входят редкие и сложные соединения. При этом кислородный индекс ПЭ повышается максимум до 31,2 [9], а полимера в композиции содержится также, как и в данной работе около 50 %. В то же время введение в полиэтилен только гидрофторида калия или кристаллогидратов солей в количестве 50 % позволяет получить кислородные индексы двухкомпонентных систем 28,5 и 32-34,5 соответственно (табл. 1, 2). KNH_2 и кристаллогидраты солей не являются редкими и трудносинтезируемыми соединениями, что служит основанием для дальнейшего развития работ по получению полимерных композиций с пониженной горючестью в этом направлении.

Кристаллогидраты солей, как наполнители-антипирены, представляют также значительный интерес с экологической стороны проблемы - снижения горючести полимеров, т.к. при горении последних не выделяются токсичные вещества, а в основном, вода. В особенности это относится к полиформальдегиду, при горении которого выделяется значительное

количество вредных соединений (формальдегид, окись углерода) [2]. Присутствие кристаллогидратов солей в ПФА не только повышает КИ горения полимера более, чем в 2 раза, но и значительно снижает количество выделяющихся вредных веществ, т.к. изменяет соотношение горючих и негорючих продуктов разложения композиционных материалов. Такое действие кристаллогидратов весьма существенно при горении подобных материалов в закрытых помещениях. На основании вышеизложенного кристаллогидраты солей являются одними из перспективных ЭНАПов, понижающих горючесть термопластичных материалов с низким кислородным индексом.

Результаты данной работы следует использовать при создании полимерных композиционных материалов с пониженной горючестью, находящихся всё возрастающее применение в транспортном, дорожном и гражданском строительстве.

Литература

1. Кодолов В.И. Горючесть и огнестойкость полимерных материалов / В.И. Кодолов. - М.: Химия, 1976. - 160 с.
2. Асеева Р.М. Горение полимерных материалов / Р.М. Асеева, Г.Е. Заиков. – М.: Наука, 1981. - 280 с.
3. Копылов В.В. Полимерные материалы с пониженной горючестью / В.В. Копылов, С.Н. Новиков, Л.А. Оксентьевич и др. - М.: Химия, 1986. - 224 с.
4. Берлин А. А. Горение полимеров и полимерные материалы пониженной горючести / А. А. Берлин // Соросовский образовательный журнал. - 1996. - №9. - С. 57-63.
5. Рабинович В.А., Хавин В.Я. Краткий химический справочник / В.А. Рабинович, В.Я. Хавин. - Л.: Химия, 1991. - 432 с.
6. Friedemann R. Flammwidrige, halogenfreie Mischung. - Заявка Германии 19610513 (1997).
7. Гордієнко В.П., Мустяца О.Н. Композиція для отримання полімерних виробів зниженої горючості. - Патент України 91955 (2010).
8. Волков В.П. Принципы получения полиэтиленовых композиций с пониженной горючестью и специальными свойствами / В.П. Волков, А.Н. Зеленецкий, М.Д. Сизова и др. // Пластические массы. - 2006. - №7. - с. 12-19.
9. Волков В.П. Полиэтиленовые композиции с пониженной горючестью / В.П. Волков, А.Н. Зеленецкий, М.Д. Сизова и др. // Пластические массы. - 2007. - №2. - С. 7-13.

Рецензенти:

Андрійко О.О., д-р хім. наук, Національний технічний університет України "КПІ".
Березіна Н.О., канд. хім. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Andriyko A.A., Dr.Che.Sci, National Technical University of Ukraine "KPI".
Berezina N.A., Cand. Che. Sci. (Ph.D.), National Transport University

Стаття надійшла до редакції: **16.01.2017 р.**

УДК 532.5:627.13

Онищенко А.М. канд. тех. наук

ТЕХНОЛОГІЯ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ БІТУМІВ МОДИФІКОВАНИХ ПОЛІМЕРАМИ

Анотація. У статті наведено вимоги безпеки при модифікації бітумів та вимоги безпеки та охорони довкілля при утилізації.

Ключові слова: навколишнє середовище, бітуми модифіковані полімером, забруднюючі речовини, асфальтобетонна суміш.

УДК 532.5:627.13

Онищенко А.Н. канд. тех. наук

ТЕХНОЛОГИЯ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ БИТУМОВ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРАМИ

Аннотация. В статье приведены требования безопасности при модификации битумов и требования безопасности и охраны окружающей среды при утилизации.

Ключевые слова: окружающая среда, битумы модифицированные полимером, загрязняющие вещества, асфальтобетонная смесь.

UDC 532.5:627.13

Onyshchenko A.M., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.)

TECHNOLOGY OF ENVIRONMENTAL PROTECTION IN THE MANUFACTURE OF BITUMEN MODIFIED WITH POLYMERS

Abstract. In this article the safety requirements when modifying bitumen and safety requirements and environmental protection at recycling

Keywords: environmental, bitumen modified polymer, contaminants asphalt mixtures.

Вступ

Асфальтобетонне покриття являється найпоширенішим типом покриття на автомобільних дорогах, при цьому обсяг шкідливих викидів при виробництві його поступає лише підприємствам хімічної промисловості [1, 2]. Однією з причин шкідливих викидів при виробництві асфальтобетону є особливість застосування бітумів. Особливу увагу варто приділити модифікації бітумів різними полімерами, які і без того мають підвищену негативну дію на довкілля. Тому актуальним питанням сьогодення є оцінка впливу на довкілля бітумного в'язучого при виробництві асфальтобетонної суміші, а також вимоги безпеки при застосуванні бітумів, модифікації бітумів та охорона довкілля.

Особливості забруднення навколишнього середовища при модифікації бітумів полімерами

Підчас зберігання, нагрівання, модифікації та виробництва асфальтобетонної суміші відбувається викид в атмосферу вуглеводнів, найбільшу кількість з яких складають ароматичні вуглеводні: бензол C_6H_6 , ксилол C_8H_{10} , толуол C_7H_8 , м-крезол C_7H_8O , фенол C_6H_6O , бензапірен $C_{20}H_{12}$, пари бензину та мінеральних масел [1].

Дослідження вчених [1] показало обсяги викидів продуктів випаровування бітуму при виробництві 1 т асфальтобетонної суміші (табл.1).

Таблиця 1 – Обсяги викидів продуктів випаровування бітуму при виробництві 1 т асфальтобетонної суміші [1]

Марка бітуму	Маса викиду, г/т				
	Бензол	Толуол	Ксилол	Фенол	Крезол
БНД 40/60	54,07	17,45	9,53	0,61	0,0031
БНД 60/90	53,35	17,22	9,40	0,61	0,0031
БНД 90/130	53,25	17,19	9,38	0,61	0,0031
БНД 130/200	51,65	16,67	9,09	0,61	0,0031
МГ 130/200	47,09	15,19	8,25	0,48	0,0024
СГ 130/200	40,93	13,19	7,11	0,48	0,0024
МГ 70/130	30,87	9,95	5,38	0,34	0,0017

Пари, що виділяються, при нагріванні бітуму та його модифікації є по суті залишковими газами окислення. Обстеження [3] показують, що в залежності від режиму окислення концентрація бенз- α -пірену в газах, що виділяються при розливі бітуму, може коливатися в діапазоні: 0,2-125,0 мкг/м³ [3]. Концентрація бенз- α -пірену в газах, що виділяються при

нагріванні бітуму та його модифікації залежить від температури модифікації та часу приймається за даними рис. 1 [3-4].

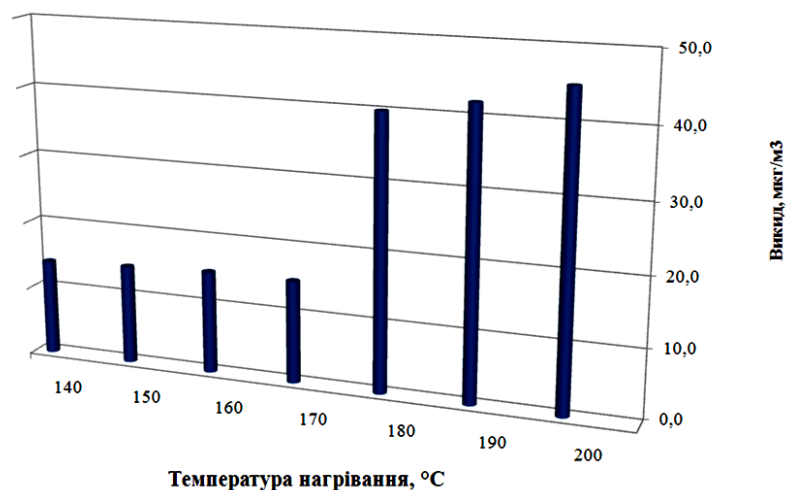


Рисунок 1 - Залежність виділення бенз- α -пірену від температури нагрівання бітуму

Вимоги безпеки при модифікації бітумів

Під час приготування бітумів модифікованих полімерами або адгезивами гранично допустима концентрація (ГДК) шкідливих речовин та пилу у повітрі робочої зони відповідно до санітарно-гігієнічних вимог згідно з ГОСТ 12.1.005 не повинна перевищувати: аліфатичних амінів – 1 мг/м³; суми насичених, ненасичених ароматичних вуглеводнів – 300 мг/м³; парів ксилолу – 50 мг/м³; парів бензолу – 15/5 мг/м³; парів толуолу – 50 мг/м³; парів фенолу – 0,3 мг/м³ та етилакрилату – 5 мг/м³, парафіну – 300 мг/м³, циклогексану – 80 мг/м³, етанолу – 1000 мг/м³ [5].

Умови виготовлення повинні відповідати вимогам, що встановлені в стандартах безпеки та гігієни праці [6-8].

Робоче місце, де проводяться роботи з модифікації, повинно бути обладнане у виробничому приміщенні, яке забезпечене припливно-витяжною вентиляцією з СНиП 2.04.05, ДСТУ Б А.3.2-12 [5].

На робочому місці освітленість (загальна та місцева) повинна відповідати вимогам ДБН В.2.5-28 [5].

Під час випробування зразків випробувальне обладнання повинне бути заземлене згідно з ГОСТ 12.1.030 [5].

Робітники повинні бути забезпечені спецодягом та засобами індивідуального захисту під час модифікації бітуму відповідно до норм ДНАОП 0.00-3.07. Під час виконання виробничих операцій, які супроводжуються виділенням речовин у вигляді суспензій та наявністю забруднюючих речовин, працівники забезпечуються спецодягом і спецвзуттям,

герметичними захисними окулярами, респіраторами та іншими засобами індивідуального захисту відповідно до вимог НПАОП 63.21-3.03.

Вимоги безпеки та охорони довкілля, утилізація

Бітуми модифіковані полімером – за ступенем впливу на організм людини згідно з ГОСТ 12.1.007 належать до 4 класу небезпеки (малонебезпечні речовини). Мають слабку кумулятивну дію [9]. При приготуванні і використанні бітумів модифікованих полімером необхідно дотримуватись вимог безпеки згідно з ДСТУ 4044, НПАОП 63.21-1.01.

При нагріванні бітумів модифікованих полімером до (200 ± 5) °С у складі летких виділень присутні: насичені і ненасичені вуглеводні, ароматичні вуглеводні, етилакрилат, етанол, алкілбензол та аліфатичні аміни.

При роботі з полімерами необхідно дотримуватись вимог безпеки згідно з ДНАОП 5.1.14-1.01 [9].

Устаткування цехів або дільниць для приготування бітумів модифікованих полімером повинні відповідати вимогам ДСТУ 3273, ДНАОП 0.03-1.07, ДСП 173, ГОСТ 12.2.003 та ГОСТ 12.3.002 [9].

Рівень шумового навантаження на працюючих при виготовленні і застосуванні бітумів модифікованих полімером не повинен перевищувати 80 дБА згідно з ДСН 3.3.6.037, контроль здійснюють згідно з ГОСТ 12.1.050.

Закриті приміщення, де проводять роботи з бітумами модифікованими полімерами або їх компонентами, повинні бути обладнані припливно-витяжною вентиляцією згідно з СНиП 2.04.05, ГОСТ 12.4.021, мікроклімат – згідно з ДСН 3.3.6.042 [9].

Бітуми модифіковані полімерами – горюча речовина. Температура займання бітумів модифікованих полімером 300-351 °С. Дільниці, цехи для приготування бітумів модифікованих полімером повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння згідно з НАПБ А.01.001, НАПБ В.01.048, ГОСТ 12.4.009 [9].

Під час приготування та застосування бітумів модифікованих полімером слід дотримуватись вимог пожежної безпеки згідно з НАПБ А.01.001, НАПБ В.01.048, ГОСТ 12.1.004 [9].

Електрообладнання дільниць та цехів для приготування бітумів модифікованих полімером повинне відповідати вимогам ДНАОП 0.00-1.32

Електробезпе́чність цехів або ділень для приготування бітумів модифікованих полімером повинна відповідати вимогам ГОСТ 12.1.038, ГОСТ 12.1.019 [9].

Ефективна сумарна питома активність природних радіонуклідів в бітумах модифікованих полімером та їх компонентах згідно з вимогами ДБН В.1.4-1.01 не повинна перевищувати $740 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$. Контроль ефективної сумарної питомої активності природних радіонуклідів здійснюють згідно з ДБН В. 1.4-2.01 [9].

Робітники, які займаються приготуванням і використанням бітумів модифікованих полімером, повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту (спеціальним одягом та взуттям, рукавицями, захисними окулярами і респіраторами) згідно з НПАОП 0.00-4.26 та НУ В.3.2-218-101, затвердженими в установленому порядку.

При виконанні робіт, пов'язаних з приготуванням і використанням бітумів модифікованих полімером, необхідно дотримуватись правил особистої гігієни, а саме: приймати їжу лише в спеціальних приміщеннях, користуватися санітарно-побутовими кабінетами, приймати душ після закінчення зміни.

Персоналу, що працює з бітумами модифікованими полімером та їх складовими, необхідно проходити попередні та періодичні медогляди згідно з ДНАОП 0.03-4.02 [9].

При попаданні бітумів модифікованих полімером: на шкіру (настільки гарячого, що може з'явитися опік) – її треба швидко охолодити, тоді розчинити бітум нафтовими олівами або провареною соняшниковою олією та обережно зняти бинтом або ватою; в очі – треба терміново звернутися до лікаря-окуліста. Гостре та хронічне отруєння практично неможливе. При необхідності треба звернутися до медичного закладу за відповідною допомогою.

Порядок накопичення, транспортування, знешкодження та поховання розливів бітумів модифікованих полімером, некондиції та інших відходів, що утворюються в процесі приготування і застосування бітумів модифікованих полімером П, повинен відповідати вимогам ДСанПіН 2.2.7.029 [9].

Викиди в атмосферу шкідливих речовин не повинні перевищувати ГДВ відповідно до вимог ДСП 201 та ГОСТ 17.2.3.02. Контроль за вмістом летких речовин, що мігрують в атмосферне повітря в процесах приготування і застосування бітумів модифікованих полімером, повинен здійснюватись згідно з вимогами ДСП 201 та РД 52.04-186 [9].

Умови відведення стічних вод виробництва бітумів модифікованих полімером повинні відповідати вимогам СанПиН 4630.

При зберіганні, транспортуванні і застосуванні бітумів модифікованих полімером та їх компонентів не відбувається надходження канцерогенних та мутагенних речовин в навколишнє природне середовище.

Висновки

Вирішити проблему виділення шкідливих речовин при модифікації бітуму можна за рахунок скорочення часу нагрівання бітуму для модифікації, а також використання умовно екологічно безпечних модифікаторів, застосування сучасних технологій для модифікації бітуму.

Література

1. Бондаренко Л.П., Кондюкова І.О. Дослідження впливу різних факторів на обсяги викидів забруднюючих речовин при виробництві асфальтобетонних сумішей/Автомобільні дороги і дорожнє будівництво: Науково-технічний збірник. Вип. 92. - К.: НТУ, 2014. – С. 192-200.
2. Евгеньев И.Е., Каримов Б.Б. Автомобильные дороги в окружающей среде. – М.: Трансдорнаука, 1997. – 285 с.
3. Отчет о НИР "Инвентаризация источников выбросов бенз- α- пирена на Мозырском НПЗ". Казань: ВНИИУС, 1991.
4. Экологические аспекты технологии упаковывания битума / З.С. Теряева, П.В. Коваленко, В.К. Липский // Химия и технология топлив и масел. – 2003. - №5. – с. 51-53.
5. СОУ 42.1-37641918-100:2013. Будівельні матеріали. Бітуми дорожні модифіковані з використанням лабораторної лопатевої мішалки. Методи контролю процесу модифікації
6. МУ 2568-82 Методические указания по измерению концентрации первичных алифатических аминов фотометрическим методом. (Методичні вказівки по вимірюванню концентрації первинних аліфатичних амінів фотометричним методом).
7. МУ 3119-84 Методические указания по определению предельных, непредельных и ароматических углеводородов в воздухе рабочей зоны (Методичні вказівки по визначенню насичених, ненасичених і ароматичних вуглеводнів в повітрі робочої зони).
8. МУ 4436-87 Методические указания по измерению концентрации аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (Методичні вказівки по вимірюванню концентрації аерозолів переважно фіброгенної дії).
9. ДСТУ Б В.2.7-135:2014 Бітуми дорожні, модифіковані полімерами. Технічні умови.

Рецензенти:

Хрутьба В.О., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.
Матейчик В.П., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Hrutba V.O., Dr. Tech. Sci., National Transport University.
Mateichyk V.P., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **08.12.2016 р.**

УДК 532.5:627.13

Онищенко А.М. канд. техн. наук

ТЕХНОЛОГІЯ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ АСФАЛЬТОБЕТОНУ

Анотація. В статті проведений аналіз основних етапів виготовлення асфальтобетону з точки зору захисту навколишнього середовища. Наведено види шкідливих речовин та їх концентрація при виготовленні гарячих асфальтобетонів.

Ключові слова: асфальтобетон, забруднюючі речовини, навколишнє середовище

УДК 532.5:627.13

Онищенко А.Н. канд. техн. наук

ТЕХНОЛОГИЯ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ АСФАЛЬТОБЕТОНА

Аннотация. В статье проведен анализ основных этапов изготовления асфальтобетона с точки зрения защиты окружающей среды. Приведены виды вредных веществ и их концентрация при изготовлении горячих асфальтобетонов.

Ключевые слова: асфальтобетон, загрязняющие вещества, окружающая среда

UDC 532.5:627.13

Onyshchenko, A.M., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.)

TECHNOLOGY OF ENVIRONMENTAL PROTECTION IN THE MANUFACTURE OF ASPHALT CONCRETE

Abstract. The article analyzed the main stages of the producing of asphalt concrete in terms of environmental protection. Analysed types of hazardous substances and their concentration in the manufacture of hot asphalt.

Keywords: asphalt concrete, contaminants, environment

Вступ

При виготовленні асфальтобетону на будь-якому асфальтобетонному заводі потрібно чітко дотримуватись встановлених вимог діючих нормативних документів щодо охорони навколишнього середовища. Різними питаннями пов'язаними з захистом навколишнього середовища при виготовленні асфальтобетонів займалися такі відомі вчені, як: В. Ф. Бабков, І. Є. Евген'єв, М. В. Немчинов, С. В. Порадек та ін. [1].

Основна частина

Для приготування асфальтобетонних сумішей використовують: щебінь, пісок, мінеральний порошок і бітум, ці матеріали за ступенем шкідливої дії на організм людини відносяться до небезпечних, помірнонебезпечних та малонебезпечних речовин (II – IV класів небезпеки згідно з ГОСТ 12.1.007 [2]).

Допустима концентрація шкідливих речовин виробничого середовища при приготуванні та асфальтобетонних сумішей не повинна перевищувати гранично допустимі концентрації (ГДК) наведені в табл. 1 [3]. Контроль за цими вимогами повинен виконуватися протягом всього технологічного процесу виготовлення асфальтобетонних сумішей.

Крім того, потрібно проводити постійний контроль за станом повітря робочої зони при виробництві, транспортуванні та укладанні асфальтобетонних сумішей слід здійснювати за [3-5]. Концентрацію пилу у повітрі робочої зони визначають і перевіряють згідно з МУ № 4436 [6]. Особливо на цю вимогу потрібно звертати увагу під час роботи в цеху при виготовленні тонкодисперсного мінерального порошку.

Таблиця 1 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони

Шкідливі речовини	ГДК, мг/м ³	Клас небезпеки
Вуглеводні C ₂ -C ₁₀ (в перерахунку на вуглець)	300	IV
Етанол	1000	IV
Кремнію діоксид кристалічний при вмісту в пилу від 10 % до 70 % (граніт, шамот, слюда-сирець, вуглецевий пил тощо)	2	III
Ксилол	50	III
Оксид вуглецю (IV)	20	IV
Оксиди азоту (в перерахунку на NO ₂)	5	III
Сірки діоксид	10	III
Фенол	0,3	II
Циклогексан	80	IV

Контроль показників мікроклімату (температура, відносна вологість, швидкість руху повітря, інтенсивність теплового випромінювання) при приготуванні органічних в'язучих і асфальтобетонних сумішей повинен виконуватися згідно з санітарними нормами [7].

Вихідні матеріали для асфальтобетонних сумішей за результатами радіаційно-гігієнічної оцінки сумарної питомої активності природних радіонуклідів повинні відповідати I-II класу [8].

Сумарна питома активність природних радіонуклідів у будівельних матеріалах, які використовують для всіх видів будівництва без обмежень (I клас), не повинна перевищувати $370 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$. Будівельні матеріали, у яких сумарна питома активність природних радіонуклідів знаходиться у межах $(370 - 740) \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$ (II клас), можна використовувати для дорожнього і промислового будівництва поза межами території населених пунктів і зон перспективної забудови.

Особи, які працюють із асфальтобетонними сумішами і асфальтобетоном дорожнім та аеродромним, мають бути забезпечені засобами індивідуального захисту згідно з діючими нормативними документами, крім того, персонал, який зайнятий на виробництві і укладанні сумішей, повинен проходити попередні і періодичні медичні.

Рівень шумового навантаження на працюючих при виробництві і використанні матеріалів для асфальтобетонів повинен відповідати вимогам [9]. Контроль еквівалентних рівнів шуму на робочих місцях здійснюють згідно з [10].

Еквівалентні рівні загальної вібрації на робочих місцях повинні відповідати вимогам державних санітарних норм.

Першочергово, виробничі приміщення повинні бути обладнані первинними засобами пожежогасіння відповідно до нормативно-правових актів з пожежної безпеки. Засобами гасіння, у разі займання в'язких дорожніх бітумів, мають бути пісок, вогнегасний порошок, піни.

Процес виробництва асфальтобетонної суміші слід здійснювати з дотриманням вимог пожежної безпеки, електростатичної іскробезпеки та виробничої безпеки.

В процесі підготовки і організації виробництва та при приготуванні, транспортуванні, зберіганні і використанні асфальтобетонних сумішей необхідно дотримуватись вимог державних санітарних норм і правил, чинних

законів України та нормативно-правових актів, що стосуються охорони навколишнього природного середовища і недопущення забруднення ґрунтів і водоймищ.

Викиди в атмосферу шкідливих речовин не повинні перевищувати ГДВ, встановлених вимогами [11]. Контроль за вмістом летких речовин, що мігрують в атмосферне повітря у процесі використання сумішей, повинен здійснюватись згідно з вимогами [11].

При технологічній температурі приготування та укладання асфальтобетонної суміші не відбувається надходження канцерогенних та мутагенних речовин в навколишнє середовище.

Порядок накопичення, знешкодження та захоронення некондиції та інших відходів, що утворюються під час приготування і використання асфальтобетонної суміші та асфальтобетону, повинен відповідати вимогам державних санітарних норм і правил.

Важливим на сьогоднішній день постає питання контролю забруднення навколишнього середовища від асфальтобетонних заводів різної потужності, враховуючи рівень ГДК забруднюючих речовин на різній відстані від нього (рис.1) [12].

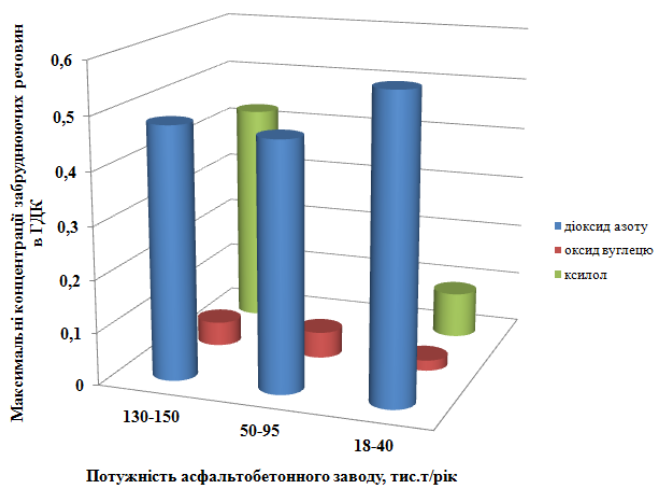


Рисунок 1 – Рівень забруднення атмосферного повітря від асфальтобетонних заводів різної потужності на відстані 200 м від джерела викидів [12]

Висновок

Чітке дотримання перелічених вимог дозволяє зменшити забруднення навколишнього середовища, крім цього, потрібно відмітити, що більшість вимог щодо гранично допустимої концентрації шкідливих викидів в атмосферу,

та щодо оцінки повітря робочої зони були встановлені ще в 70-80 роках минулого століття, а тому вони потребують перегляду у відповідності до вимог теперішнього суспільства.

Література

1. Бондаренко Л.П. Дослідження впливу різних факторів на обсяги викидів забруднюючих речовин / Л.П. Бондаренко, І.О. Кондюкова // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво: Науково-технічний збірник. Вип. 92. – К.: НТУ, 2014 – С. 192-200.
2. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (ССБП. Шкідливі речовини. Класифікація і загальні вимоги безпеки)
3. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (ССБП. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони)
4. ГОСТ 12.1.014-84 ССБТ. Воздух рабочей зоны. Метод измерения концентрации вредных веществ индикаторными трубками (ССБП. Повітря робочої зони. Метод вимірювання концентрації шкідливих речовин індикаторними трубками)
5. ГОСТ 12.1.016-79 ССБТ. Требования к методикам измерения концентраций вредных веществ (ССБП. Вимоги до методик вимірювання концентрацій шкідливих речовин)
6. МУ № 4436-87 Методические указания по измерению концентраций аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (Методичні вказівки з вимірювання концентрацій аерозолей переважно фіброгенної дії)
7. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень
8. ДБН В.1.4-2.01-97 Система норм та правил зниження рівня іонізуючих випромінювань природних радіонуклідів у будівництві. Радіаційний контроль будівельних матеріалів та об'єктів будівництва
9. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку
10. ГОСТ 12.1.050-86 ССБТ. Методы измерения шума на рабочих местах (ССБП. Методи вимірювання шуму на робочих місцях)
11. ДСП 201-97 Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами)
12. Кіреєва І.С. До питання перегляду розміру нормативної санітарно-захисної зони для асфальтобетонних заводів / І.С. Кіреєва, В.М. Махнюк, С.М. Могильний, З.В. Стирта // Гігієна населених місць – № 62. – К., 2014. – С.9-17.

Рецензенти:

Хрутьба В.О., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.
Матейчик В.П., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Hrutba V.O., Dr. Tech. Sci., National Transport University.
Mateichyk V.P., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **19.01.2017 р.**

УДК 69:504

Пархоменко Н.Г., канд. хім. наук

ТЕХНОЛОГІЯ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА. БУДІНДУСТРІЯ. НАНОТЕХНОЛОГІЇ

Анотація. В статті наведено огляд різноманітних видів будівельних матеріалів, виробів і конструкцій, одержаних з використанням нанотехнологій. Наноматеріали (НМ) мають покращені порівняно з традиційними фізико-механічними характеристиками, більш стійкі, що в десятки разів збільшує термін служби будівель і автодоріг. Ці наноматеріали потребують серйозних досліджень їх екологічного впливу на людину і природу на протязі всього життєвого циклу з моменту виробництва, в процесі будівництва, використання і поводження з будівельним сміттям.

Мета роботи - показати нові наноматеріали в будівельній індустрії. НМ - найбільш ефективні, довговічні і економічні.

Ключові слова: будіндустрія, нанотехнологія, будматеріали, економічні проблеми.

УДК 69:504

Пархоменко Н.Г., канд. хим. наук

ТЕХНОЛОГИЯ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ. СТРОЙИНДУСТРИЯ. НАНОТЕХНОЛОГИИ

Аннотация. В статье приведен обзор различных видов строительных материалов, изделий и конструкций, полученных с использованием нанотехнологий. Материалы имеют улучшенные сравнительно с традиционными физико-механические характеристики, более стойкие, что в десятки раз увеличивает сроки службы построек и автодорог. Эти новые материалы требуют серьезных исследований их экологического влияния на человека и природу на протяжении всего жизненного цикла с момента

производства, в процессе строительства, пользования и обращения со строительным мусором.

Цель работы- показать новые материалы строительной индустрии, наиболее эффективные, долговечные и экономичные.

Ключевые слова: стройиндустрия, нанотехнология, стройматериалы, экологические проблемы

UDC 69:504

Parkhomenko N.H., Cand. Che. Sci.

TECHNOLOGY ENVIRONMENTAL ENVIRONMENT. CONSTRUCTION INDUSTRY. NANOTECHNOLOGY

Abstract. The article provides an overview of various types of materials, products and designs, manufactured using nanotechnology. Such materials have improved compared to the conventional physical and mechanical properties, more resistant, dozens of times increases the service life of buildings and roads. These nanomaterials require serious research, their environmental impact on humans and wildlife throughout the entire life cycle from production during the construction, operation and handling of construction debris.

Purpose: to show the new nanomaterials the most effective, durable, economical and eco friendly in the construction industry.

Key words: Construction Industry, Nanotechnology, Materials, Environmental Programs.

Використання нанотехнології - це перехід до нових фізичних ефектів, технологічних процесів одержання різних видів будівельних матеріалів, виробів і конструкцій з покращеними порівняно з традиційними за фізико-механічними характеристиками, бо мають високу міцність і пластичність, високу зносостійкість, низьку теплопровідність, велику теплостійкість і опір до спалаху, при легкій вазі, раціональні при будівництві, безпечні в використанні.

Основні типи будівельних матеріалів:

- нанобетон;

- наносталь;
- нанопокриття.

Використання наномолекулярних матеріалів (НМ) в будівництві:

- фундамент з саморегулюванням усадки ґрунтів;
- конструкційні елементи, що реагують на пошкодження і деформацію;
- самоочисні покриття;
- наноскло;
- сонячні батареї;
- енергозбереження.

Властивості наноматеріалів дають можливість використовувати надміцний бетон для будівництва хмарочосів, великих прольотів мостів, куполів, захисних оболонок атомних реакторів. Довговічний надміцний бетон зможе слугувати до 500 років.

Наномодифіковані метали і їх сплави - надміцна сталь не має аналогів по міцності і в'язкості, ідеально підходить для будівництва гідротехнічних і дорожніх об'єктів.

Метали і сплави, які використовують в будівництві - сталь такої неймовірної в'язкості і міцності, що та, якою користуються тепер, здається глиною. Сфера її використання - будівництво залізниць, автошляхів в складних умовах

Надзвичайні властивості наноматеріалів дають можливість застосовувати в будівництві нові теплоізоляційні матеріали, фарби, емалі, лаки і ін.

Нанопокриття використовуються для захисту будинків від зовнішніх впливів.

Полімерні і композитні нанопокриття в десятки разів підвищують стійкість сталі до корозії і в декілька разів збільшують термін служби металів в агресивних середовищах.

Конструкційні композити мають полімерну, металеву і керамічну матриці. Найтиповіші вуглепластики - композити з вуглеволокнами і з полімерною матрицею.

Будівельна склопластикова композитна арматура в 4 рази легша від сталюї, є діелектриком, хімічно стійка і міцна, не піддається корозії, має низьку теплопровідність.

Антибактеріальне скло і іноваційні плівки знищують до 99,9 % всіх мікробів і грибків, плісняву і мох. Напилені на поверхню наночастинки TiO_2 нейтралізують органічні сполуки, які попадають на його поверхню, втрачають зчеплення з поверхнею, здійснює повну його гідрофілізацію: дощова вода разом з брудом стікає зі скла, очищаючи його.

Нанопокриття використовується для захисту будинків від зовнішніх впливів. Тонкий шар із оксидів металу In-SnO_2 знижує коефіцієнт тепловіддачі на 70-80 %, а теплопровідність склопакета з його використанням – в 2-2,5 рази.

Фасадні водонепроникні фарби, іноваційні плівки захищають кольорові пластикові вікна від інфрачервоних (теплових) променів, відбивають 80% їх, конструкції не перегріваються, подовжується термін їх придатності, знижуються втрати на кондиціонування. Напівпрозорі наноплівки наносяться на вікна і стіни будинків, надаючи їм стильний вигляд.

Нанокompatитні труби використовуються для систем водо- і газопостачання та опалення, можуть бути використані в будівництві.

Пориста бетонна система дає можливість акумулювати тепло в сховищах, сприяє енергозбереженню, бо вода накопичується, а потім подається прямо через бетон без використання трубопроводу. Щоб не втрачати тепло від нагрівання будинків сонцем, його можна заощаджувати в теплосховищах із пористого бетону.

В результаті застосування НМ в будівництві автодоріг будуть створені безпечні, прості і економічні магістралі.

Створюють постійні водовідштовхувальні наноплівки на всіх типах ґрунтів дорожньо-будівельних матеріалів, які істотно знижують просочування води в ґрунт і ерозію як надійна гідроізоляція, полегшують процедуру ремонтних робіт і лагодження вибоїн.

Наноматеріали мають високі тепло- і звукоізоляційні характеристики. Істотно покращується екологія місцевості.

Нанотехнології дають можливість контролювати властивості матеріалів на субмікронному рівні.

Покращення механічних і ін. властивостей НМ призводить до збільшення строків служби виробів, що впливає непрямым шляхом на економію ресурсів.

В будівництві використовуються різні наночастинки і нанопорошки. Вони виконують роль адсорбентів, каталізаторів і модифікаторів хімічних реакцій, технологічних і конструктивних матеріалів, що виготовляються з їх застосуванням.

Використання наноматеріалів в будівництві важливо з точки зору енергозберігання. Наноматеріали можна застосовувати для підвищення термічних властивостей, збільшення ефективності передачі енергії, освітлення. Наприклад, наноплівки на вікна будинків працюють як сонячні батареї, що накопичують енергію сонця вдень, а ввечері віддають її як безкоштовне і економне освітлення, що значно знижує витрати на електричну енергію.

Оброблені наноплівкою стіни створюють «ефект термосу».

Наноматеріали, які використовують в будівельній індустрії, різними шляхами проникають в навколишнє середовище, при виготовленні, обробці, пакуванні потрапляють в атмосферу, діють на персонал. Тому робітники повинні бути забезпечені індивідуальними засобами захисту (маски, рукавички і ін.); необхідно створювати відповідні системи вентиляції, пиловловлювання; проводити моніторинг повітря на робочих місцях і постійний медичний контроль (особливо органів дихання, зору, шкіри).

Схема впливу будівельних матеріалів на протязі їх життєвого циклу:

- виробництво і обробка наноматеріалів;
- будівництво і експлуатація;
- знесення будинків, будівельне сміття.

Різні відновлювальні і ремонтні роботи, знесення будинків можуть привести до попадання значної кількості НМ в атмосферу, що негативно впливає на робітників галузі і на людей взагалі.

Особливо стоїть проблема будівельного сміття, адже наноматеріали зі звалищ можуть потрапити в воду і в ґрунт. Поки немає регламентів по поводженню з відходами матеріалів, що вміщують наноматеріали.

Необхідно створити «безпечні» конструкційні наноматеріали з їх корисними властивостями, для чого слід враховувати основні принципи промислової екології:

- оптимальна необхідність;
- використовувати максимально ефективно за обсягом, масою, часом, енергозатратами;

- попереджувати, а не знищувати;
- розробити методики виділення НМ і очищення нановідходів;
- знайти можливість повторного використання безпечних НМ, наприклад, для покращення ґрунтів

Необхідні серйозні дослідження структури наноматеріалів, їх реакційних властивостей, токсичності, вплив їх на організми на протязі життєвого циклу, поскільки на початку «безпечні» конструкційні наноматеріали з часом можуть змінювати свої фізичні, хімічні і біологічні властивості (сорбція, агрегація, окислення, відновлення, біотрансформація).

Важливо враховувати вплив факторів наколишнього середовища (рН, мікроби, солоність води) на активність і токсичність НМ. Наприклад наночасточки в дорожніх покриттях не повинні вимиватися сильними дощами.

Не зважаючи на всі позитивні перспективи використання НМ, пріоритетом повинна бути турбота про здоров'я і безпеку людини і навколишнього середовища. Провести повний моніторинг виділення НМ із будівельних матеріалів (чи сміття), їх перенесення в атмосферу, воду і ґрунти, їх трансформацій поки неможливо.

Кінцева мета - створити зручне, екологічно чисте і безпечне житло для людини і покращити екологію навколишнього середовища.

Література

1. <http://www.freedoniagroup.com/Nanotechnology-In-Construction.html>
2. J.Lee et al., ACS Nano 4, 3580 (2010).
3. Материали сайта www.nanonews.net
4. Фадеева Г. Д. Рентабельное использование нанотехнологий в строительных материалах // Молодой ученый. - 2013. - №12.- С. 187-188.
5. Бадьин Г.М., Сычов С.А. Современные технологии строительства и реконструкции зданий и дорог.- БХВ.- Петербург, 2013, 84 с.

Рецензенти:

Андрійко О.О., д-р хім. наук, Національний технічний університет України "КПІ".
Березіна Н.О., канд. хім. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Andriyko A.A., Dr.Che.Sci, National Technical University of Ukraine "KPI".
Berezina N.A., Cand. Che. Sci. (Ph.D.), National Transport University

Стаття надійшла до редакції: 13.01.2017 р.

UDC 625.7/.8:614.7

Uhnenko Ye.B., Dr. Tech. Sci., Uzhviieva O.M., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.)

MATHEMATICAL MODELING OF POLLUTION PRODUCED BY MOTOR VEHICLES UNDER CONDITIONS OF HUMAN SETTLEMENTS

Abstract. The paper presents a mathematical model to describe the process of heat and mass transfer, and the calculation of velocity fields, temperature and concentrations of contaminants in the vicinity of roads, surrounded by buildings. Methods of predicting the distribution of contaminants released during the operation of vehicles can be used when planning the construction of roads and placing various buildings in their proximity.

Key words: forecasting methods, road transport, localities, differential equation.

УДК 625.7/.8:614.7

Угненко Є.Ю., д-р техн. наук, Ужвієва О.М., канд. техн. наук

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ, СТВОРЮВАНОВОГО ВИКИДАМИ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В УМОВАХ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

Анотація. У роботі наведена математична модель для опису процесу тепло- і масопереносу і розрахунку полів швидкості, температури і концентрацій забруднюючих речовин у придорожньому просторі населених пунктів. Методи прогнозування розподілу забруднюючих речовин, що виділяються при роботі автотранспорту, можуть бути використані при плануванні будівництва автомобільних доріг і розміщенні поблизу них будівель та споруд.

Ключові слова: методи прогнозу, автомобільний транспорт, малі населені пункти, диференційне рівняння.

Угненко Є.Ю., д-р техн. наук, Ужвієва А.М., канд. техн. наук

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ, СОЗДАВАЕМОГО ВЫБРОСАМИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В УСЛОВИЯХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Аннотация. В работе представлена математическая модель для описания процесса тепло- и массопереноса и расчета полей скорости, температуры и концентраций загрязняющих веществ в придорожной полосе населенных пунктов. Методы прогнозирования распределения загрязняющих примесей, выделяющихся при работе автотранспорта, могут быть использованы при планировании строительства автомобильных дорог и размещении вблизи зданий и сооружений.

Ключевые слова: методы прогноза, автомобильный транспорт, малые населенные пункты, дифференциальное уравнение.

Formulation of the problem

As a result of motor vehicle operation gaseous and condensed products, such as carbon and nitrogen oxides, hydrocarbons, carbon black, lead, and others are emitted into the environment of human settlements. In addition, in the surface layer during the photochemical reaction there is formed ozone, nitrogen oxides and other hazardous to human health and the status of flora and fauna toxicants. Under certain weather conditions even minor traffic flows may create unfavorable environmental conditions in human settlements. For the design and construction of roads it is necessary to assess the environmental pollution, taking into account the above factors, as well as the topography, the nature of development, the presence of forests, traffic and the percentage composition of the traffic flow. We must also consider the resulting impact of environmental pollution from vehicles and other sources, such as industrial enterprises. As a result of analysis of existing models of pollution from motor vehicles in the framework of continuum mechanics there is given a

mathematical model [1], based on the solution of equations for the turbulent diffusion of gaseous and condensed toxicants. This takes into account the wind direction and speed, the ambient temperature and the resulting movement of heated product emissions from motor vehicles over the roadway, as well as the terrain. With this approach it is possible to include additional factors to be taken into account in the calculation of environmental pollution. Using the laws of continuum mechanics [2] there is set the boundary value problem for the description of heat and mass transfer of pollutants in the vicinity of the highway.

Let us consider the plane problem of convective heat and mass transfer of pollutants from motor vehicles. The road is modeled by the surface source of weight of hot substances emitted by motor vehicles. It is believed that:

- the flow is developed turbulent;
- the density of the gas phase is not dependent on pressure as the flow velocity is significantly less than the speed of sound;
- to describe the convective transport under the influence of wind and gravity, two-dimensional Reynolds equations for a turbulent flow are used. The reference point $x_1 = 0, x_2 = 0$ is located in the center of the road, axis Ox_1 is facing right parallel to the Earth's surface perpendicular to the road in the direction of the wind, axis Ox_2 - upward. (Fig. 1).

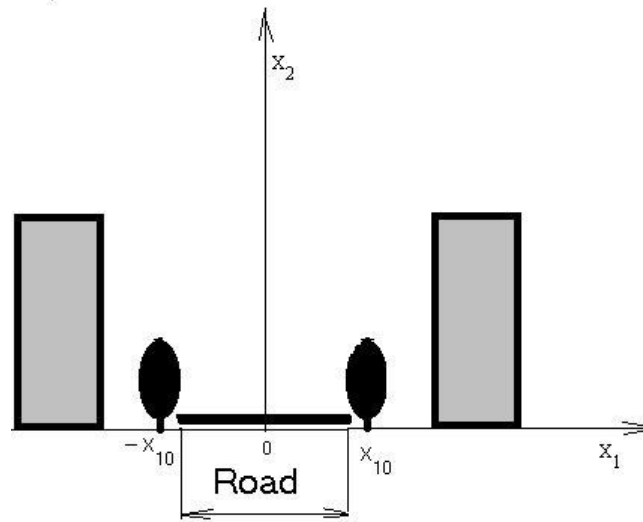


Figure 1 – Scheme of the pollution process from motor vehicles in the urban canyon

The formulated problem reduces to the solution of the following equations:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho v_j) = \dot{m}, \quad j = 1, 2, \quad i = 1, 2; \quad (1)$$

$$\rho \frac{dv_i}{dt} = -\frac{\partial P}{\partial x_j} + \frac{\partial}{\partial x_j} (-\rho \overline{v'_i v'_j}) - \rho s c_d v_i |v| - \rho g_i - \dot{m} v_i, \quad (2)$$

$$\rho c_p \frac{dT}{dt} = \frac{\partial}{\partial x_j} (-\rho c_p \overline{v'_j T'}) + q_5 R_5 - \alpha_v (T - T_s) + c_p (T_s - T) Q + k(c U_R - 4\chi \sigma T^4), \quad (3)$$

$$\rho \frac{dc_\alpha}{dt} = \frac{\partial}{\partial x_j} (-\rho \overline{v'_j c'_\alpha}) + R_{5\alpha} - \dot{m} c_\alpha, \quad \alpha = 1, 4, \quad (4)$$

$$\sum_{\alpha=1}^5 c_\alpha = 1, P_e = \rho_5 R T \sum_{\alpha=1}^5 \frac{c_\alpha}{M_\alpha}, \quad \vec{v} = (v_1, v_2), \quad \vec{g} = (0, g). \quad (5)$$

The initial and boundary conditions are as follows:

$$t = 0 : v_1 = 0, v_2 = 0, T = T_e, c_\alpha = c_{ae}, \quad T_s = T_e, \varphi_1 = \varphi_{1e}, \quad (6)$$

$$x_1 = -x_{1e} : v_1 = V_e, v_2 = 0, T = T_e, \quad c_\alpha = c_{ae}, -\frac{c}{3k} \frac{\partial U_R}{\partial x_1} + c U_R / 2 = 0, \quad (7)$$

$$x_1 = x_{1e} : \frac{\partial v_1}{\partial x_1} = 0, \frac{\partial v_2}{\partial x_1} = 0, \quad \frac{\partial c_\alpha}{\partial x_1} = 0, \frac{\partial T}{\partial x_1} = 0, \quad (8)$$

$$x_1 = -x_{1e} : v_1 = V_e, v_2 = 0, T = T_e, c_\alpha = c_{ae}, -\frac{c}{3k} \frac{\partial U_R}{\partial x_1} + c U_R / 2 = 0, \quad (9)$$

$$x_1 = x_{1e} : \frac{\partial v_1}{\partial x_1} = 0, \frac{\partial v_2}{\partial x_1} = 0, \quad \frac{\partial c_\alpha}{\partial x_1} = 0, \frac{\partial T}{\partial x_1} = 0, \quad (10)$$

$\frac{d}{dt}$ – full derivative ($\frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + (v_j + w) \frac{\partial}{\partial x_j}$); C_p – specific heat capacity of the air at

constant pressure; ρ – density of the air, T – ambient temperature; c_α – mass concentrations ($\alpha=1$ –CO, 2 – CH_x, 3 – NO_x, 4 – black soot, 5 – other components of the air); P – pressure; M_α – the molecular weight of individual; α – gas phase components, t – time. To close the system of equations (1)-(5), the components of the turbulent stress tensor, turbulent fluxes of heat and mass are defined in terms of the middle flow gradients [3-4]:

$$-\rho_5 \overline{u_i u_j} = \mu_T \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} K \delta_{ij},$$

$$-\rho_5 \overline{u_j c_p T'} = \lambda_T \frac{\partial T}{\partial x_j}, \quad -\rho_5 \overline{u_j c'_a} = \rho_5 D_T \frac{\partial c_a}{\partial x_j}, \quad (11)$$

$$\lambda_T = \mu_t c_p / Pr_T, \quad \rho_5 D_T = \mu_t / Sc_T, \quad \mu_t = c_\mu \rho_5 K^2 / \varepsilon,$$

where Pr_T , Sc_T – turbulent Prandtl and Schmidt numbers; μ_t, λ_t, D_t – coefficients of turbulent dynamic viscosity and thermal conductivity, κ , ε – turbulent kinetic energy and its dissipation. Using the assumption that one can neglect unsteady, diffusion and convection terms in the transport equation for the turbulent kinetic energy, it is possible to obtain an algebraic expression for μ_t [5]:

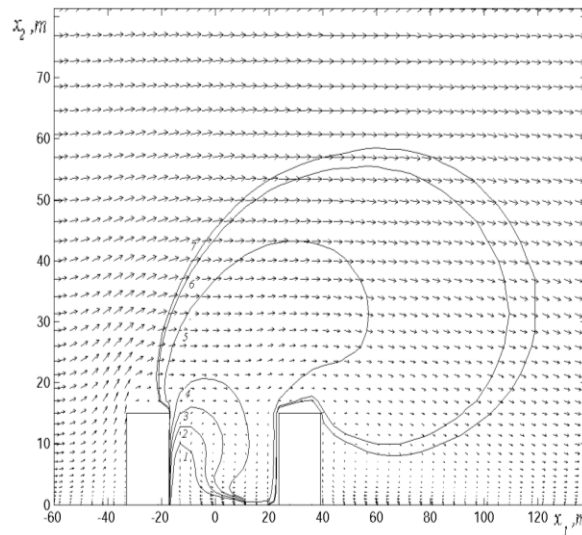
$$\mu_t = \rho l^2 \left\{ 2 \left[\left(\frac{\partial v_1}{\partial x_1} \right)^2 + \left(\frac{\partial v_2}{\partial x_2} \right)^2 \right] + \left(\frac{\partial v_1}{\partial x_2} + \frac{\partial v_2}{\partial x_1} \right)^2 - \frac{2}{3} \left[\frac{\partial v_1}{\partial x_1} + \frac{\partial v_2}{\partial x_2} \right]^2 - \frac{g}{T Pr_t} \frac{\partial \theta}{\partial x_2} \right\}^{1/2}, \quad (12)$$

where the mean free path was determined by the formula $l = zk_T / (1 + 2,5z\sqrt{c_d s / h})$, taking into account that the drag coefficient of forest canopy c_d equals zero between the ground surface and the forest canopy. The constants are equal to: $k_T = 0,4$, $\theta = T - T_e$, $h = h_2 - h_1$ (h_2, h_1 – height of the trees and the distance to the base of crowns). This system of equations describes the processes within the region, which includes the urban canyon, buildings, roadside plantations and the surrounding area.

To calculate the field of the flow the algorithm Simple [5] is used. Construction of a discrete analogue for the set boundary problem was carried out based on the control volume approach. The resulting systems of finite-difference equations obtained in consequence of sampling were resolved by the method SIP [6]. The correctness of the program was tested using the method of introduction of analytical solutions. To account for the impact of the buildings there was used the method of fictitious domains, i.e. in control volumes of the computational region, where the buildings were located, there were set the initial values of functions, which were not changed in the process of calculation. In these calculations, the results were obtained with the following values $T = 300K$, $V_e = 2$ m/sec (at the height of 1,5 m), the road width of 12 m, height of trees – 12 m, traffic (number of vehicles passing per unit of time) – 3000, the structure of traffic (passenger cars – 56%, trucks and buses – 19%, diesel cars – 25%). Information about the type of vehicle and traffic is used to determine the sources of contaminants.

As a result of numerical calculations there was obtained velocity distribution, temperature, component concentrations of contaminants at various time points. Fig. 2 shows the distribution of emitted CO₂ as a result of vehicle operation, and the velocity vector field, which is realized at a particular period of time. As a result of interaction of the external wind field with buildings the vector flow pattern is deformed.

It can be seen that within the Str. canyon there is generated a whirlwind due to the presence of an external field of speed, which promotes the redistribution of CO₂. As a result, the maximum concentration of contaminants will occur near the left wall of the canyon. In addition, on the right part of the illustration behind the building on the right there occurs a recirculating region of the flow. For other contaminants released into the atmosphere due to the operation of motor vehicles as a result of numerical calculations there are obtained similar concentration distributions.



1 – 5,0 mg/m³, 2 – 2,0 mg/m³, 3 – 1,0 mg/m³, 4 – 0,5 mg/m³, 5 – 0,1 mg/m³, 6 – 0,05 mg/m³, 1 – 0,04 mg/m³

Figure 2 – The vector velocity field and CO₂ concentration distribution

With an increase in wind speed there is implemented a somewhat different picture of the flow and distribution of contaminants. So with the increase of the wind speed to 5 m/s (Fig. 4) the contaminant is carried away by the wind more intensively and dissipates in the environment. As a result there is a concentration distribution and a velocity vector field shown in Fig. 3.

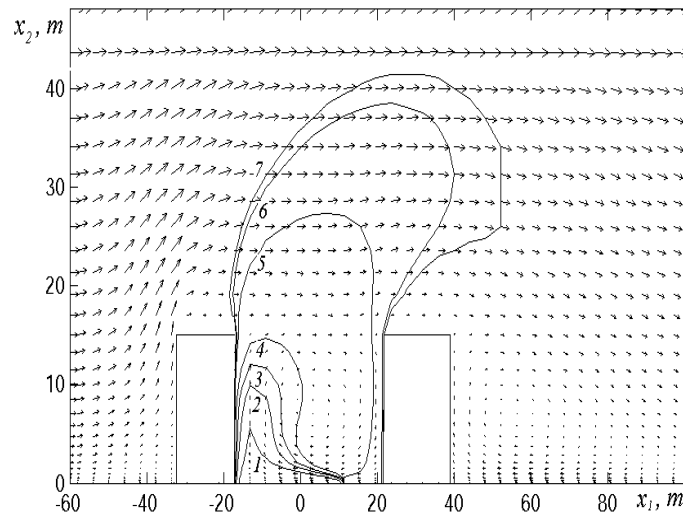


Figure 3 – The velocity vector field and distribution of CO₂ concentration (for the same values presented in Fig.2); $V_{e.} = 5$ m/s

The concentration level of the vertical direction (curve 7), which is achieved in the first case at a height of about 60 meters, in the second case, with increasing wind speed is realized at a height of just over 40 meters.

Fig. 4 shows the distribution of the velocity vector field and the concentration of the contaminant at the wind speed of 10 m/s.

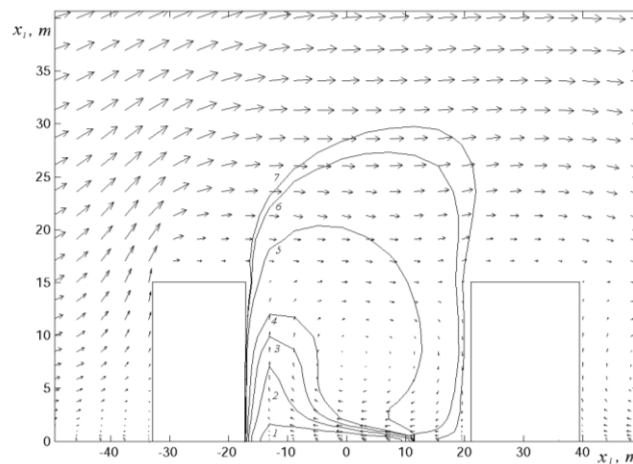


Figure 4 – The velocity vector field and distribution of CO₂ concentration (for the same values as in Fig.2); $V_{e.} = 10$ m/s

The results of the given numerical calculations are compared with the experimental results (Fig. 5). For comparison there were used the results of numerical calculations, which were obtained without taking into account the buildings under similar conditions as well as the data of experimental studies. The illustration shows that the experimentally measured values of CO₂ concentration at a height of 1,5 m fairly good agree with the results of numerical calculations.

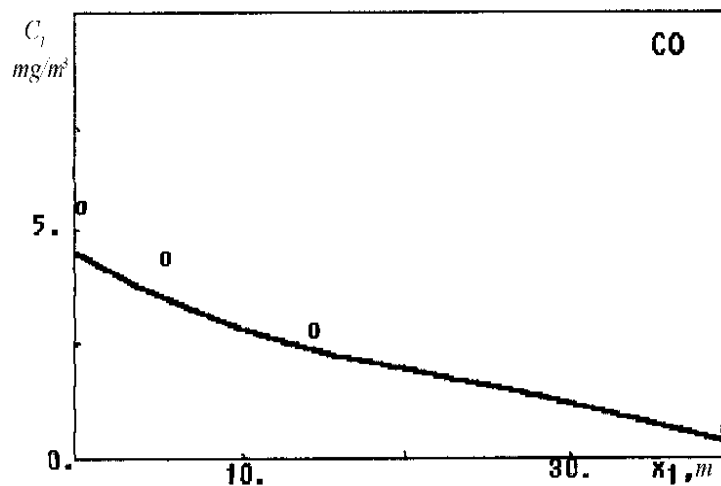


Figure 5 – Distribution of CO_2 concentration in the direction perpendicular to the road (o – the results of the experiment)

Conclusion

Using the mathematical model presented in this paper one can study the dynamics of pollution under the influence of various external conditions: the weather conditions (air temperature, wind speed, temperature stratification in the atmosphere, etc.), location and size of the buildings, as well as roadside plantations, transport flow options (such as cars and traffic density, etc.). Comparing the data obtained with the defined maximum - permissible concentration (MPC) one can analyze the pollution levels according to various components and to suggest the ways to reduce it. For example, to reduce the traffic density, to prohibit the movement of certain vehicles (trucks, with diesel or petrol engines, etc.).

References

1. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды / Г.И. Марчук – М.: Наука, 2000. – 320 с.
2. Седов Л.Г. Механика сплошной среды. – М.: Наука, 1976. – 250 с.
3. Grishin, A.M.: Mathematical Modeling Forest Fire and New Methods Fighting Them, F.Albini (ed.), Publishing House of Tomsk University, Tomsk (Russia), (1997)
4. Perminov, V.: Numerical Solution of Reynolds Equations for Forest Fire Spread, Lecture Notes in Computer Science, 2329, 823–832, (2002)
5. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. - М.: Энергоатомиздат, 1984.
6. Stone H.L. Iterative solution of implicit approximations of multi-dimensional partial differential equations // SIAM J. Num. Anal., Vol. 5, (1967) 530-558.

Рецензенти:

Славінська О.С., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.
Хрутьба В.О., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Slavinska O.S., Dr. Tech. Sci., National Transport University.
Hrutba V.O., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **25.01.2017 р.**

Відомості про авторів

Артеменко Владислав Андрійович, Український гідрометеорологічний інститут державної служби України з надзвичайних ситуацій та Національної академії наук України, науковий співробітник відділу системних гідрометеорологічних досліджень, e-mail: artemenko@uhmi.org.ua, тел. 380936011250, Україна, 03028, м. Київ, просп. Науки 37, к.34.

Балашова Юлія Борисівна, кандидат технічних наук, доцент, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, доцент кафедри «Землевпорядкування, будівництво автодоріг та геодезія», e-mail: yuliabalashova72@gmail.com, тел. +380507865446, +380983330943, Україна, 46010, м. Дніпропетровськ, вул. Чернишевського, 24^а, к. 421.

Возний Сергій Петрович, Національний транспортний університет, аспірант кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії, e-mail: Voznyu@i.ua тел. +380978318531, Україна, 02232, м. Київ.

Гамеляк Ігор Павлович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, зав. кафедри аеропортів, e-mail: gir65n@gmail.com, тел. +380503524124, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 344.

Гусев Олександр Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри аеропортів, e-mail: avg_ntu@yandex.ua, тел. +380442807073, Україна, 01010, Київ, вул. Суворова, 1, к. 344.

Давиденко Олександр Олександрович, Національний транспортний університет, асистент кафедри мостів і тунелів, +380442807978, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 228.

Дмитриченко Андрій Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри транспортного права та логістики, тел. +380442544326, Україна, 01010, вул. Суворова 1, к. 439.

Євсейчик Юрій Борисович, кандидат фізико-математичних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри мостів і тунелів, e-mail: jura_ntu@ukr.net , тел. +380442807978, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 228.

Закревський Анатолій Іванович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри аеропортів, тел. +380442807073, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, ауд. 344.

Ільченко Я.Л., магістр, технічний директор ТМ БУД, e-mail: 965821@ukr.net, тел. +380632285773, Україна, 01103, Київ, Бульвар Дружби Народів, 18/7

Канін Олександр Петрович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, професор кафедри управління виробництвом і майном, тел. +380442807909, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к.206.

Каськів Володимир Іванович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри будівництва та експлуатації доріг, e-mail: vi_kas@ukr.net, тел. +380442807338, +380442803942, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к.136.

Каськів Світлана Василівна, Національний транспортний університет, асистент кафедри аеропортів, e-mail: ntu-aeroport@ukr.net, тел. +380442807073, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 344.

Кіщинський Сергій Володимирович, Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М. П. Шульгіна», начальник центру асфальтобетонів та органічних в'язучих, e-mail: orgviazhuchi@ukr.net, тел. +380442069884, Україна, 03113, м. Київ, пр. Перемоги 57, к. 1509.

Кизима Станіслав Степанович, кандидат технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри будівництва та експлуатації доріг, тел. +380442803942, Україна, 01010, м. Київ, вул.Суворова, 1, к. 218.

Коваль Тетяна Ігорівна, Національний транспортний університет, аспірант кафедри аеропортів, e-mail: tetyanakoval.412.gmail.com, тел. +380969344303, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 344.

Козарчук Ігор Анатолійович, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, асистент кафедри управління виробництвом і майном, e-mail: igor.a.kozarchuk@gmail.com, тел. +380938895646, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 206.

Кондюкова Ірина Олексіївна, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри опору матеріалів і машинознавства, e-mail: budivmeh@gmail.com, тел. +380442804368, Україна, 01010, Київ, вул. Суворова, 1, к. 113.

Копинець Іван Вікторович, Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М. П. Шульгіна», завідувач відділу дорожньо-будівельних матеріалів, e-mail: shardograd@ukr.net, тел. +380442010845, Україна, 03113, м. Київ, пр. Перемоги 57, к. 1510.

Корітчук Сергій Олександрович, Національний транспортний університет, асистент кафедри аеропортів, e-mail: K.S2501@ukr.net, тел. +380442807073, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 344.

Кушнірова Оксана Миколаївна, Національний транспортний університет, асистент кафедри будівництва та експлуатації доріг, тел. +380442803942, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 218.

Литвиненко Анатолій Семенович, e-mail: asl.weise@gmail.com, тел. +380661325054.

Лихоступ Микола Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри управління виробництвом і майном, тел. +380442807909, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 206.

Лук'яненко Владислав Владиславович, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, магістр кафедри «Землепорядкування, будівництво автодоріг та геодезія», e-mail: gestantgloria@gmail.com, тел. +380637865824, Україна, 46010, м. Дніпропетровськ, вул. Чернишевського, 24^а, к. 421.

Медведєв Костянтин Володимирович, кандидат фізико-математичних наук, доцент, Національний транспортний університет, професор кафедри мостів і тунелів, e-mail: kvmedvediev@gmail.com, тел. +380442807978, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 228.

Мудрак Клавдія Василівна, кандидат хімічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії, тел. +380442754760, Україна, 01103, м. Київ, вул. Кіквідзе 42.

Мудриченко А.Я., Національний транспортний університет, аспірант кафедри будівництва та експлуатації доріг, тел. +380442803942, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 218.

Мустяца Олег Никифорович, кандидат хімічних наук, доцент, Національний транспортний університет, професор кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії, e-mail: oleg.mustyatsa@gmail.com, тел. +380442754760, Україна, 01103, м. Київ, вул. Кіквідзе 42.

Онищенко Артур Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії, e-mail: artur_onish@bigmir.net, тел. +380671442355, Україна, 01103, м. Київ, вул. Кіквідзе 42, к. 107.

Пархоменко Неллі Георгіївна, кандидат хімічних наук, доцент, Національний транспортний університет, професор кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії, тел. +380442754760, Україна, 01103, м. Київ, вул. Кіквідзе 42.

Петрович Володимир Васильович, кандидат технічних наук, професор, Національний транспортний університет, старший науковий співробітник, професор кафедри будівництва та експлуатації доріг, e-mail: Petrovichvv60@ukr.net, тел. +380442807338, +380442803942, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 136.

Попелиш Іван Іванович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри аеропортів, e-mail: I_P_R@ukr.net, тел. +380442807073, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 344.

Прокопчук Наталія Аркадіївна, Національний транспортний університет, старший викладач кафедри будівництва та експлуатації доріг, тел. +380442803942, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 218.

Рахуба Олексій Іванович, кандидат технічних наук, професор, Національний транспортний університет, доцент кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою, e-mail: dr.rakhuba@gmail.com, тел. +380442805851, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 213.

Савенко Вячеслав Якович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри будівництва та експлуатації доріг, svi1310@ukr.net, тел. +380442803942, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 218.

Смолянюк Надія Володимирівна, кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, доцент кафедри мостів, конструкцій та будівельної механіки, e-mail: kmksm@ukr.net, тел. +380507472604, Україна, 61002, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

Смолянюк Роман Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, доцент кафедри будівництва та експлуатації автомобільних доріг, e-mail: rc@khadi.kharkov.ua, тел. +380503237342, Україна, 61002, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

Соколов Олексій Владиславович, Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М. П. Шульгіна», молодший науковий співробітник відділу дорожньо-будівельних матеріалів, e-mail: 01011993@ukr.net, тел. +380442010845, Україна, 03113, м. Київ, пр. Перемоги 57, к. 203.

Соколова Наталія Михайлівна, Національний транспортний університет, кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри управління виробництвом і майном, e-mail: nata_ns@ukr.net, тел. +380442807909, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 206.

Тимошук Олександр Юрійович, аспірант, Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П.Шульгіна», науковий співробітник відділу нормативно-технологічного забезпечення дорожніх робіт, e-mail: timoschuk.1988@gmail.com, тел. +380442069883, Україна, 03113, м. Київ, проспект Перемоги 57 1, к. 16076.

Тігарева Олександра Олександрівна, студент Національного транспортного університету, e-mail: titareva1994@mail.ru, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 206.

Ткачук Сергій Григорович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, зав. кафедри мостів і тунелів, тел. +380442807978, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 228.

Толмачов Сергій Миколайович, доктор технічних наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, професор кафедри технології дорожньо-будівельних матеріалів і хімії, e-mail: Tolmach_serg@mail.ru, тел. +38(057)7073742, Україна, 61002, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого (Петровського), 25.

Угненко Євгенія Борисівна, доктор технічних наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, завідувач кафедри вишукувань та проектування доріг і аеродромів, e-mail: j.ugnenko@mail.ru, тел. +38(057)7073732, Україна, 61002, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого 25, к. 362.

Ужвієва Олена Миколаївна, кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, доцент кафедри вишукувань та проектування доріг і аеродромів, тел. +38(057)7073732, Україна, 61002, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого 25, к. 362.

Урілов В.Т., начальник відділу виробництва аеродромної служби аеропорту «Бориспіль», Україна, 08307, м. Бориспіль Київської обл., тел. (+38044) 2807685.

Харченко Анна Миколаївна, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри управління виробництвом і майном, e-mail: anna-x3@ukr.net, тел. +380442807909, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 206.

Чечуга Олександр Сергіович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри будівництва та експлуатації доріг, e-mail: as000@i.ua, тел. +380442807338, +380442803942, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 136.

Шпиг Альона Юріївна, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри управління виробництвом і майном, e-mail: alena-87@ukr.net, тел. +380442807909, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 206.

Штефан Ольга Миколаївна, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, студент кафедри будівництва та експлуатації автомобільних доріг, kmksm@ukr.net, тел. +380669701563, Україна, 61002, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

Шуляк Іван Станіславович, Національний транспортний університет, аспірант кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою, e-mail: Shulyak17044@mail.ru, тел. +380506437690, Україна, 01010, Київ, вул. Суворова, 1, к. 140.

Яценко Ігор Володимирович, кандидат економічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри економіки, тел. +380442803016, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 313.

About the Authors

Artemehko Vladislav A., Ukrainian Hydrometeorological Institute, State Service on Emergencies of Ukraine and National Academy of Science of Ukraine, System Hydrometeorological Research, Scientific Employee, e-mail: artemenko@uhmi.org.ua, tel. 380936011250, Ukraine, 03028, Kyiv, Nauki Avenue, 37.

Balashova Yulia B., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Associate Professor, Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, Associate Professor of Department "Land planning, construction of roads and surveying", e-mail: yuliabalashova72@gmail.com, tel. +380507865446; +380983330943; Ukraine, 46010, Dnepropetrovsk, Chernishevskogo Str., 24^a, of. 421.

Voznii Sergey P., National Transport University, Graduate Student of Department Road Construction Materials and Chemicals, e-mail: Vozny@i.ua, tel. +380978318531, Ukraine, 02232, Kyiv.

Gameliak Ihor P., Dr. Tech. Sci., Professor, National Transport University, Head of Airports Department, e-mail: gip65n@gmail.com, тел. +380503524124, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova Str., 1, office 344.

Husev Oleksandr V., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of Airports Department, e-mail: avg_ntu@yandex.ua tel. +380442807073, 01010, Ukraine, Kyiv, Suvorova Str., 1.

Davydenko Oleksandr O., National Transport University, the assistant of bridges and tunnels Department, + 380442807978, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova Str., 1, office 228.

Dmytrychenko Andrii M., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of Department of Transport Law and Logistics, tel. +380442544326, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova Str., 1, office 439.

Yevseichyk Yurii B., Cand. Ph.-M. Sci. (Ph.D.), Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of Bridges and Tunnels Department, e-mail: jura_ntu@ukr.net, tel. +380442807978, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova Str., 1, office 228.

Zakrevskiy Anatolii I., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of Airports Department, tel. +380442807073, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova Str., 1, office 344.

Ilchenko Ya.L., Master of Science, technical director of TM BUD, e-mail: 965821@ukr.net, tel. +380632285773, Ukraine, 01103, Kyiv, Druzhby Narodov Boulevard, 18/7.

Kanin Oleksandr P., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Associate Professor, National Transport University, Professor of Department of Production and Property Management, tel. +380442807909, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova Str., 1, office 206.

Kaskiv Volodymyr I., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of Department of Road Construction and Maintenance, e-mail: vi_kas@ukr.net, tel. +380442807338, +380442803942, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova Str. 1, office 136.

Kaskiv Svitlana V., National Transport University, Assistant of Airports Department, e-mail: ntu-aeroport@ukr.net, тел. +380442807073, 01010, Kyiv, Suvorova Str., 1, office 344.

Kischchynskiy Serhii V., State Enterprise «M.P. Shulgin State Road Research Institute», Head of Asphalt and Organic Binders Center, e-mail: orgviazhuchi@ukr.net, tel. +380442069884, Ukraine, 03113 Kyiv, Peremohy Avenue, 57, office 1509.

Kyzyma Stanislav S., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Professor, National Transport University, Professor of Department of Road Construction and Maintenance, tel. +380442803942, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova Str., 1, office 218.

Koval Tetiana I., National Transport University, Postgraduate Student of Airports Department, e-mail: tetyanakoval.412@gmail.com, тел. +380969344303, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova Str., 1, office 344.

Kozarchuk Ihor A., Ph.D., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), National Transport University, Assistant of Production and Property Management Department, e-mail: igor.a.kozarchuk@gmail.com, tel. +380938895646, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova Str., 1, of. 206.

Kondriukova Iryna O., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), National Transport University, Associate Professor of Department of Strength of Materials and Engineering Science, e-mail: budivmeh@gmail.com tel. +380442804368, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova Str., 1, office 113.

Kopynets Ivan V., State Enterprise «M.P. Shulgin State Road Research Institute», Head of Road-Building Materials Department, e-mail: shardograd@ukr.net, tel. +380442010845, 03113 Kyiv, Peremohy Avenue, 57, office 1510.

Koritchuk Serhii A., National Transport University, Assistant of Airoports Department, e-mail: K.S2501@ukr.net, тел. +380442807073, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova Str., 1, office 344.

Kushnirova Oksana M., National Transport University, Assistant of Department of Road Construction and Maintenance, tel. +380442803942, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova Str., 1, office 218.

Lytvynenko Anatolii S., e-mail: asl.weise@gmail.com, tel. +380661325054.

Lyhostup Mykola M., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of Department of Production and Property Management, tel. +380442807909, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova Str., 1, of.206.

Lukianenko Vladyslav V., Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, Master's Degree of Department "Land Planning, Construction of Roads and Surveying", e-mail: gestantgloria@gmail.com, tel. +380637865824; Ukraine, 46010, Dnepropetrovsk, Chernishevskogo Str., 24^a, office 421.

Medvediev Kostiantyn V., Cand. Ph.-M. Sci. (Ph.D.), Associate Professor, National transport university, Associate Professor of Bridges and Tunnels Department, e-mail: kvmedvediev@gmail.com, tel. +380442807978, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova Str., 1, office 228.

Mudrak Klavdia V., Cand. Che. Sci. (Ph.D.), Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of Department Road Construction Materials and Chemicals, tel. +380671442355, Ukraine, 01103, Kyiv, Kikvidze Str. 42.

Mudrychenko A.Ya., National Transport University, Postgraduate Student of Department of Construction and Maintenance Road, tel. +380442803942, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova Str., 1, office 218.

Mustiatsa Oleh N., Cand. Che. Sci. (Ph.D.), Associate Professor, National Transport University, Professor of Department of Road Construction Materials and Chemistry, e-mail: oleg.mustyatsa@gmail.com, tel. +380442754760, Ukraine, 01103, Kyiv, Kikvidze Str. 42.

Onyshchenko Artur M., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of Department Road Construction Materials and Chemicals, e-mail: artur_onish@bigmir.net, tel. +380671442355, Ukraine, 01103, Kyiv, Kikvidze Str. 42, office 107.

Parhomenko Nelli H., Cand. Che. Sci. (Ph.D.), Associate Professor, National Transport University, Professor of Department of Road Construction Materials and Chemistry, e-mail: oleg.mustyatsa@gmail.com, tel. +380442754760, Ukraine, 01103, Kyiv, Kikvidze Str. 42.

Petrovych Volodymyr V., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Professor, National Transport University, Senior Researcher, Professor of Department of Road Construction and Maintenance, e-mail: Petrovichvv60@ukr.net, tel. +380442807338, +380442803942, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova Str., 1, office 136.

Popelysh Ivan I., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of Airoports Department, e-mail: I_P_P@ukr.net, тел. +380442807073, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova Str., 1, office 344.

Prokopchuk Nataliz A., National Transport University, Senior Lecturer of Department of Road Construction and Maintenance, tel. +380442803942, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova Str., 1, office 218.

Rakhuba Oleksii I., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of Roads, Geodesy and Land Management Department, e-mail: dr.rakhuba@gmail.com, tel. +380442805851, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova Str., 1, office 213.

Savenko Viacheslav Ya., Dr. Tech. Sci., Professor, Head of Department of Road Construction and Maintenance, svi1310@ukr.net, tel. +380442803942, Ukraine, 01010, Kiev, Suvorova Str., 1, office 218.

Smolianiuk Nadiya V., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Associate Professor, Kharkiv National Automobile and Highway University, Associate Professor of department of Bridges and Structures and Structural Mechanics, e-mail: kmksm@ukr.net, tel. +380507472604, Ukraine, 61002, Kharkiv, Y. Mudroho Str., 25.

Smolianiuk Roman V., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Associate Professor, Kharkiv National Automobile and Highway University, Associate Professor of Department of Road Building and Maintenance, e-mail: rc@khadi.kharkov.ua, tel. +380503237342, Ukraine, 61002, Kharkiv, Y. Mudroho Str., 25.

Sokolov Oleksii V., State Enterprise «M.P. Shulgin State Road Research Institute», Junior Researcher, Road-Building Materials Department, e-mail: 01011993@ukr.net, tel. +380442010845, Ukraine, 03113, Kyiv, Peremohy Avenue, 57, office 203.

Sokolova Natalia M., Cand. Econ. Sci. (Ph.D.), Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of Department of Production and Property Management, e-mail: nata_ns@ukr.net, tel. +380442807909, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova Str., 1, office 206.

Tymoshchuk Oleksandr Y., Postgraduate Student, Shulgin State Road Research Institute, Researcher Regulatory and Technological Support Road Works Department, e-mail: timoschuk.1988@gmail.com, tel. +380442069883, Ukraine, 03113, Kyiv, Peremohy Avenue, 57, office 16076.

Titareva Alexandra A., Student of National Transport University, e-mail: titareva1994@mail.ru, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova Str., 1, of.206.

Tkachuk Serhii. H., Dr. Tech. Sci., Professor, National transport university, Head of Bridges and Tunnels Department, e-mail: most.ntu@gmail.com, tel. +380442807978, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova Str., 1, office 229.

Tolmachov Sergiy M., Dr. Tech. Sci., Professor, Kharkov national automobile und highway University, Professor of Department of the Technology of Road Building Materials and Chemistry, e-mail: Tolmach_serg@mail.ru, тел.+38(057)7073742, Ukraine, 61002, Kharkiv, Yaroslava Mydrogo (Petrovskogo) Str. 25.

Uhlenko Evheniia B., Dr. Tech. Sci., Professor, Kharkov National Automobile and Highway University, Head of Department of Researches and Designing Highways and Airports, e-mail: j.ugnenko@mail.ru, tel. +38(057)7073732, Ukraine, 61002, Kharkiv, Yaroslava Mudrogo Str. 25, office 362.

Uzhviieva Elena, Cand. Che. Sci. (Ph.D.), Associate Professor, Kharkov National Automobile and Highway University, Associate Professor of Department of Researches and Designing Highways and Airports, tel. +38(057)7073732, Ukraine, 61002, Kharkiv, Yaroslava Mudrogo Str. 25, office 351.

Urilov V.T., Head of Production Airfield Airport "Borispol", 08307, Boryspil, Kyiv region., tel. + 380442807685.

Kharchenko Anna N., Cand. Che. Sci. (Ph.D.), Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of Department of Production and Property Management, e-mail: anna-x3@ukr.net, tel. +380442807909, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova Str., 1, office 206.

Chechuha Oleksandr S., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of Department of Road Construction and Maintenance, e-mail: as000@i.ua, tel. +380442807338, +380442803942, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova Str., 1, office 136.

Shpyh Alona Yu., Cand. Che. Sci. (Ph.D.), National Transport University, Associate Professor of Department of Production and Property Management, e-mail: alena-87@ukr.net, tel. +380442807909, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova Str., 1, office 206.

Shtefan Olha M., Kharkiv National Automobile and Highway University, Student of Department Road Building and Maintenance, e-mail: kmksm@ukr.net, tel. +380669701563, Ukraine, 61002, Kharkiv, Y. Mudroho Str., 25.

Shuliak Ivan S., National Transport University, Postgraduate Student of Roads Designing, Geodesy and Land Management Department, e-mail: Shulyak17044@mail.ru, tel. +380506437690, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova Str., 1, office 140.

Yatsenko Ihor V., Cand. Econ. Sci. (Ph.D.), Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of Economics Department, tel. +3800442803016, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova Str., 1, office 313.