

Анотація. У статті розглянуто поняття «екопоселення», а також основні архітектурно-планувальні принципи його формування.

Ключові слова: екопоселення, сталий розвиток, енергозберігаючі технології, соціальний мікроклімат.

Annotation. There are major architectural and planning principles of eco-villages were discussed in the article.

Key words: ecovillage, sustainable development, energy-saving technologies, social microclimate.

Стаття надійшла до редакції у листопаді 2013р.

УДК 72.01

Дубик О.М.⁵⁰

**АНАЛІЗ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ НА МІЦНІСТЬ ДОРОЖНІХ
ОДЯГІВ НЕЖОРСТКОГО ТИПУ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ
ТЕХНОЛОГІЇ ХОЛОДНОГО РЕСАЙКЛІНГУ**

Анотація. У статті розглянутий аналіз методів розрахунку на міцність дорожніх одягів нежорсткого типу при застосуванні технології холодного ресайклінгу. В Україні розрахунок на міцність конструкцій дорожніх одягів нежорсткого типу здійснюється за методикою, що наведена в нормативному документі [1]. Ця методика має цілий ряд недоліків і ніяким чином не може бути застосована для розрахунку дорожніх одягів, відновлення яких планується здійснювати за технологією холодного ресайклінгу. Тому в даній статті пропонується застосувати МСЕ для розрахунку конструкцій дорожніх одягів нежорсткого типу з використанням програмного комплексу SINDOM.

Постановка проблеми. В Україні та світі все більш широкого застосування набуває холодний ресайклінг – сучасна прогресивна технологія відновлення дорожнього одягу нежорсткого типу. Проте під час аналізу методів

⁵⁰ © Дубик О.М.

розрахунку на міцність дорожніх одягів було виявлено наступне: методика розрахунку на міцність дорожніх одягів нежорсткого типу, яка наведена у [1], має цілий ряд недоліків і тому вона ніяким чином не може бути застосована для розрахунку доріг, відновлення яких планується здійснювати за технологією холодного ресайклінгу. Крім того було відзначено, що метод скінченних елементів (МСЕ) є найбільш придатним теоретичним методом розрахунку на міцність дорожніх одягів нежорсткого типу, відновлення яких планується здійснювати за технологією холодного ресайклінгу. В Україні МСЕ ще недостатньо пристосований для розрахунку дорожніх одягів нежорсткого типу. Існуюча методика, що викладена в нормах [1], не завжди адекватно враховує накопичення пластичних деформацій, які виникають при багатократному навантаженні нежорстких дорожніх одягів, особливо при наявності слабих ґрунтових основ. Тому постає проблема розробки нової методики розрахунку на міцність конструкцій дорожніх одягів нежорсткого типу з використанням МСЕ.

Актуальність. За останній час стан дорожньої інфраструктури в Україні значно погіршився. З розвитком вантажних автомобілів зростає навантаження на вісь та навантаження від шин на дорожнє покриття, що призведе до руйнування конструкції дорожнього одягу. Так, навантаження на вісь в сучасних вантажних автомобілях можуть досягати 130кн [2]. Все більша і більша увага звертається на інноваційні рішення, які дозволяють з меншими бюджетними витратами досягти високоефективних результатів. До таких нових рішень відноситься холодний ресайклінг – прогресивна в наш час технологія відновлення дорожнього одягу нежорсткого типу. Суть цієї технології

полягає у фрезеруванні зношених дорожніх одягів, змішуванні однорідного матеріалу із в'язкими речовинами та укладанні нового покриття на попереднє місце з подальшим його ущільненням. Холодний ресайклінг має такі переваги перед повною реконструкцією дорожнього одягу та нанесенням додаткових шарів на існуючу поверхню:

- висока якість відновленого дорожнього одягу;
- мінімальна деформація земляного полотна;
- невелика тривалість будівельних робіт;
- економічність.

Концепція холодного ресайклінгу відносно нова. Цей вид відновлення доріг був визнаний багатьма світовими державами близько 17-18 років тому назад завдяки своїй високій економічній ефективності.

Проте нова технологія відновлення доріг потребує нової методики розрахунку на міцність дорожніх одягів нежорсткого типу. А для того, щоб дати практичні рекомендації для призначення глибини фрезерування дорожнього одягу, необхідно мати інформацію про напружено-деформований стан існуючого покриття та штучної основи в кожній точці напівпростору. Цю інформацію неможливо одержати виходячи з методики, яка наведена в нормах [1]. Тому при розрахунках на міцність конструкцій дорожніх одягів нежорсткого типу необхідно переходити до 3-Дмоделей теорії пружності, що можливо лише при застосуванні МСЕ.

Викладення основного матеріалу дослідження. Вітчизняний досвід по технології холодного ресайклінгу є невеликим, тому що в Україні маловивченими залишаються фізико-механічні властивості фрезерованих асфальтобетонів. Як наслідок – небагата нормативно-технічна база в цій сфері.

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.1 (11) 2014

Більшість публікацій по цьому питанню пов'язано з роботами багатьох вітчизняних і закордонних вчених, таких як Адоряні К., Алієв А.М., Бахрах Г.С., Білай Л.В, Гезенцвей Л.Б., Гоглідзе В.М., Говоруха О.В., Головка С.К., Горелишев Н.В., Горліна Г.С., Золотарьов В.А., Коган Г.Б., Корольов І.В., Копинець І.В., Ладигін Б.І., Михайлов В.В., Петрович В.В., Прусенко Є.Д., Ребіндер П.А., Сасько М.Ф., Сьоньї Г.К., Тимофеев А.А., Усманов К.Х., Файнберг Е.С., Шипицин В.В і ін. Дослідження, які проведені як в Україні, так і за кордоном, дозволили розробити найрізноманітніші методи розрахунку конструкцій дорожніх одягів нежорсткого типу. Більшість методів розрахунку на міцність нежорстких дорожніх одягів виникла ще до появи використовувати матеріал існуючого дорожнього одягу, а відповідно – і до появи технології холодного ресайклінгу.

Методи розрахунку конструкцій дорожніх одягів нежорсткого типу поділяються на емпіричні та аналітичні.

Емпіричні методи:

- метод каліфорнійського числа, який заснований на визначенні міцності основи;

- каталогізований метод розрахунку несучої здатності дорожнього одягу, який базується на типових конструкціях дорожніх одягів для певних випадків застосування;

- метод, який заснований на використанні даних вимірювань конусним пенетрометром для моделювання дефектів в існуючому дорожньому одязі;

- метод структурного числа, при якому окремим типам матеріалу присвоюються визначені коефіцієнти.

Аналітичні методи (методи, які передбачають аналітичні розрахунки):

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.1 (11) 2014

- методи, в яких використовуються результати вимірювань прогину;

- теоретичні методи, які використовують лінійно-пружну багатошарову модель, пружно-пластичну модель чи метод скінченних елементів.

Дорожні одяги, які випробовують велике навантаження зі сторони транспортних засобів (більше 5 млн. ESAL), завжди повинні розраховуватися за допомогою аналітичних методів [2]. ESAL – це одиниця виміру циклічного навантаження у вигляді еквівалентного стандартного навантаження на вісь. Для мало навантажених доріг достатньо емпіричних методів, проте при появі будь-яких сумнівів у тому, чи придатний той чи інший метод для очікуваного навантаження на дорогу, його результати повинні бути перевірені за допомогою аналітичних методів.

Для теоретичних методів розрахунку знайшли застосування комп'ютерні програми, які дозволяють оцінити реакцію дорожнього одягу на навантаження. Така реакція може мати форму прогинів або напружень в межах окремих шарів дорожніх одягів. Для розрахунку несучої здатності при запланованому варіанті відновлення теоретичний метод, а саме MCE, має очевидні переваги, так як він дозволяє змодельовати існуючий пошкоджений дорожній одяг і ідентифікувати в ньому місця пошкоджень. Він дозволяє використовувати цілий ряд варіантів холодного ресайклінгу для ефективного укріплення дорожніх одягів.

За кордоном в різний час були розроблені такі програми для розрахунку дорожніх одягів нежорсткого типу, як «CHEV 5L», «ELSYM5», «BISTRO», «BISAR», «CIRCLY», «Радон», «RUBOR», «ЛІРА» та «GEONIX». Ці програми дозволяють знизити трудомісткість розрахунку на міцність

конструкції дорожніх одягів нежорсткого типу. Проте вони мають свої недоліки, які обмежують їхнє використання. Головний недолік вищенаведених програмних комплексів – висока вартість. Лише в останній час зусилля багатьох дослідників направлені на застосування МСЕ для вирішення задач механіки нежорстких дорожніх одягів. Цим питанням займалися такі вчені, як В.М. Іванов [3], В.М. Заворицький [4]. В Україні ще недостатньо розвинена практика застосування МСЕ для розрахунку конструкцій дорожніх одягів нежорсткого типу. На сучасному етапі розрахунку і конструювання нежорстких дорожніх одягів пріоритет має програма «ЛІРА», яка побудована на основі МСЕ. Проте «ЛІРА» недостатньо враховує всі процеси, які проходять в конструкції дорожнього покриття. Потрібно побудувати новий алгоритм розрахунку і конструювання нежорстких дорожніх одягів та застосувати новий програмний комплекс, який буде побудований на основі МСЕ і який враховуватиме якомога більше факторів та процесів, що проходять в конструкції. Таким програмним комплексом може бути, наприклад, SINDOM.

Обчислювальний комплекс – система нелінійного деформування оболонок і мембран – SINDOM, в якій реалізується рішення задач розрахунку комбінованих просторових систем, входить складеною частиною в підсистему автоматизованих розрахунків універсальних споруд (ПАРУС) системи математичного забезпечення розрахунків просторових конструкцій «Міцність» [5].

Структура основного ядра комплексу забезпечує незалежність від машинної реалізації з урахуванням орієнтації інтерфейсних блоків задання вхідної інформації і генерації тимчасових бібліотек на ЕОМ.

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.1 (11) 2014

Розробка обчислювального комплексу базується на сучасних принципах побудови системного математичного забезпечення і ідеях структурного програмування.

Основними з них є:

- низхідна схема розробки і відкладання комплексу;
- модульна організація основних алгоритмів і програм;
- висока ступінь автоматизації всіх етапів розрахунку, а також процесів описання розрахункових моделей і задання вхідної інформації;
- використання засобів машинної графіки для контролю вхідних даних і обробки результатів.

Універсальність обчислювального комплексу забезпечується загальним підходом до постановки задачі на основі єдиних методів дискретизації – МСЕ в просторі і методу скінченних різниць в часі.

В рамках обчислювального комплексу здійснюється стиківка з підсистемою ПАРУС і графічним комплексом SIGREF.

Якщо коротко розглянути дослідження, які були проведені різними вченими України в галузі розрахунку і конструювання нежорстких аеродромних покриттів, то можна побачити, що МСЕ тут широко використовується. Значну роль у використанні МСЕ для розрахунку і конструювання нежорстких аеродромних покриттів відіграли дослідження таких українських вчених, як Цихановський В.К., Коряк О.С., Козловець С.М. та ін.[6 – 8]. Цихановський В.К., Коряк О.С. та Козловець С.М. запропонували специфічну методику розрахунку на міцність нежорстких аеродромних покриттів та її реалізацію за допомогою МСЕ. В цій методиці Цихановський В.К. врахував взаємодію

нежорстких аеродромних покриттів з неоднорідним багатшаровим ґрунтовим напівпростором.

На сучасному етапі розрахунок та конструювання дорожніх одягів нежорсткого типу регламентується в Україні нормативним документом [1]. Згідно з нормами [1], конструювання і розрахунок нежорстких дорожніх одягів виконується за трьома критеріями:

- за допустимим пружним прогином;
- за опором зсуву в ґрунтах і шарах із малозв'язних матеріалів;
- за розтягом при згині.

Проте діюча в Україні методика проектування нежорстких дорожніх одягів не відповідає вимогам сучасного транспортного руху та не враховує в'язко-пружну поведінку матеріалу у шарах конструкції. В діючих нормах не передбачено чіткого і обґрунтованого алгоритму розрахунку дорожніх одягів. Таким чином, конструкція, яка задовольняє одному критерію (наприклад, пружному прогину), не задовольняє іншому (наприклад, розтягу при згині чи опору зсуву в ґрунтах і шарах із малозв'язних матеріалів). Тому інженеру доводиться змінювати товщини конструктивних шарів, що тягне за собою повторення всієї процедури розрахунку конструкції дорожнього одягу нежорсткого типу. Ця процедура розрахунку – занадто трудомістка. Окрім того за методикою, що наведена в нормативному документі [1], неможливо одержати всі компоненти тензорів напружень і деформацій в кожній точці на півпросторі.

Висновок. Технологія холодного ресайклінгу дозволяє найбільш ефективно використовувати матеріал старого дорожнього одягу та мінімально наносити шкоду оточуючому середовищу. Ця технологія має цілий ряд

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.1 (11) 2014

переваг перед традиційними варіантами відновлення дорожніх одягів нежорсткого типу. Холодний ресайклінг в Україні є менш розвиненим, ніж за кордоном. Як наслідок, в нашій державі недостатньо розвинена нормативна база в цій сфері.

Коли планується холодний ресайклінг, то найбільш придатними методами розрахунку на міцність конструкцій існуючих та відновлених за цією технологією дорожніх одягів є аналітичні методи, зокрема МСЕ.

В Україні розрахунок на міцність конструкцій дорожніх одягів нежорсткого типу здійснюється згідно з нормативом [1]. Було виявлено, що методика розрахунку дорожніх одягів, яка наведена в нормативному документі [1], має цілий ряд недоліків.

Для розрахунку несучої здатності при запланованому варіанті відновлення МСЕ має цілий ряд переваг. В процесі аналізу існуючих методів розрахунку і конструювання дорожніх одягів нежорсткого типу було виявлено, що програмний комплекс «ЛІРА», який побудований на основі МСЕ, не враховує всі процеси, які проходять в конструкції. Тому потрібно застосувати новий програмний комплекс, який буде побудований на основі МСЕ і який враховуватиме якомога більше факторів та процесів, що проходять в конструкції. Таким програмним комплексом може бути, наприклад, SINDOM, який успішно використовується при розрахунках на міцність жорстких та нежорстких аеродромних покриттів.

Література

1. Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу: ВБН В.2.3. – 218 – 186 – 2004. К.: Укравтодор, 2004. – 176 с.

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.1 (11) 2014

2. Холодный ресайклинг. Руководство по применению. WirtgenGmbH, 2006. –271 с.

3. Руденский А.В., Иванов В.М. Применение метода конечных элементов при анализе напряжённо-деформированного состояния асфальтовых материалов в дорожных конструкциях. – В сб.: Труды Гипродорнии. Вып. 16. – М., 1976.

4. Заворицкий В.И., Артёменко А.В. О расчёте методом конечных элементов напряжённо-деформированного состояния нежёстких дорожных одежд. «7 – е Всес. совещ. дорожников. Ускорение научн.-техн. Прогресса, повыш. производит. труда и качества дор. работ, 30 ноября – 3 декабря 1981: Тез. докл. и сообщ. Конструкции дорожных одежд». М., 1981, с. 9 – 10.

5. Шимановский А.В., Цыхановский В.К. Теория и расчет сильнонелинейных конструкций. – К.:Изд-во «Сталь», 2005. – 432 с.

6. Цыхановський В.К., Коряк О.С. Скінченноелементні моделі в задачах розрахунку аеродромних покриттів // Вісник НАУ. №1. – Київ: НАУ, 2006. – С. 173 – 180.

7. Дубик О.М., Селенков В.М., Талах С.М. Прочностной расчет аеродромных покрытий при слабых грунтовых основаниях // Инженерия транспорта и организация перевозок.:Vilnius»Technika» 2013, С. 55-59.

8. Баженов В.А., Сахаров А.С., Цыхановский В.К. Моментная схема метода конечных элементов в задачах нелинейной механики сплошной среды // Прикладная механика. – К.: Ин-т механики НАН Украины, 2002. – Т.38(48), №6, июль. – С. 24 – 63.

Стаття надійшла до редакції у грудні 2013р.

УДК 625.85(045)

Зеленкова Г.Ф. к.т.н.⁵¹

МОЖЛИВОСТІ ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ БІТУМНИХ КОНГЛОМЕРАТІВ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ ТА АЕРОДРОМІВ

Анотація. В статті викладені основні питання пов'язані з можливостями поліпшення якості бітумних конгломератів, призначених для будівництва автомобільних доріг і аеродромів. Особлива увага

⁵¹ © Зеленкова Г.Ф.