УДК 625.1

ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ДИНАМІЧНИХ СТАБІЛІЗАТОРІВ

О. С. Чернишова, к. т. н.
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна

Ключові слова:*динамічна стабілізація колії, сили взаємодії, експлуатаційні витрати, економічний ефект.*

Постановка проблеми та її зв'язок із науковими і практичними завданнями. На залізницях України після проведення модернізації колії або капітального ремонту призначають так звану обкатку колії з метою ущільнення щебеневого шару, зменшення сил взаємодії рухомого складу та колії, забезпечення рівномірної осадки колії та її стійкості. Згідно з «Інструкцією з улаштування та утримання колії залізниць України» ЦП-0269 [1] обкатка вважається завершеною після пропуску по ділянці 350 тис. т. У цей час рух поїздів відбувається з обмеженими швидкостями, що впливає на експлуатаційні витрати залізниць.

Дослідження, що проводилися вітчизняними та зарубіжними вченими, дозволили дійти висновку, що застосування динамічних стабілізаторів у процесі ремонту колії дозволяє уникнути необхідності призначення обкатки. З 2008 р. до «Положення про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України» ЦП-0113 [2] було включено доповнення, яке зобов'язує після глибокого очищення щебеню виконувати суцільну післяосадочну виправку та стабілізацію колії після пропуску 1,0..1,5 млн т брутто вантажу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження ефективності застосування динамічних стабілізаторів із технічної точки зору проводилися вченими багатьох країн, у тому числі України, Росії та Німеччини. Окремі результати викладено у працях [3 – 4].

Ряд досліджень із зазначеного питання проводився вченими кафедри «Колія та колійне господарство» ДІІТу [5 – 6].

Своєю дією динамічний стабілізатор частково замінює експлуатаційні навантаження, забезпечує стійкість колії, а також відновлює опір поперечному зсуву, що має велике значення з точки зору безпеки руху поїздів. Коливання, що створюються стабілізатором, сприяють підвищенню однорідності баласту, рівномірній осадці колії і, як наслідок, зменшуються витрати на поточне утримання колії та на подовження міжремонтних термінів.

У процесі експериментів та теоретичних досліджень на поодиноких кривих (із радіусами від 500 до 2 000 м), а також на прямих ділянках колії вивчалися зміни коефіцієнтів вертикальної динаміки (в буксовому та в центральному ступені) та стійкості проти вкочування колеса на рейку. При цьому розглядалися три варіанти: ділянка після виправки колії, пропуску динамічного стабілізатора один раз, ділянка після двох виправок та двох стабілізацій та ділянка після пропуску 1 млн т вантажу, виправки та третьої стабілізації. Результати досліджень дозволили дійти висновку, що застосування динамічної стабілізації зменшує сили взаємодії колії та рухомого складу і, як наслідок, знос колії та дозволяє збільшувати міжремонтні інтервали. Також було встановлено допустимі швидкості руху поїздів залежно від плану колії, щільності баласту та допустимих величин нерівностей. Результати для ділянок із різними величинами нерівностей в плані наведено у таблиці 1. З неї видно, що при динамічній стабілізації на ділянці з кривою радіусом 1 500 м та більше при невеликій величині нерівності (до 5 мм), а також на прямих ділянках кількість динамічних стабілізацій не впливає на рівень допустимої швидкості. В цьому випадку після однієї стабілізації дозволяється відкривати перегін зі швидкістю пасажирських поїздів 160 км/год. Що стосується ділянок із кривими меншого радіуса, то в цьому випадку кожна наступна стабілізація дозволяє встановлювати допустимий рівень швидкості на ділянці після проведення ремонту на 10…30 % вище. Так, наприклад (табл. 1), на ділянці з кривою радіусом 600 м при нерівності величиною 5 мм проведення однієї динамічної стабілізації дозволяє встановлювати допустиму швидкість руху поїздів 70 км/год, двох стабілізацій – 80 км/год, а після трьох – 95 км/год. Це дозволить уникнути додаткових витрат, зумовлених зростанням часу руху на ділянках, де призначається обкатка колії.

Проведені дослідження [5; 6] дозволили розробити рекомендації щодо встановлення допустимих швидкостей руху пасажирських поїздів на відремонтованих ділянках (табл. 2) залежно від параметрів плану лінії та кількості виконаних стабілізацій колії.

Таблиця 1

Допустимі швидкості руху поїздів після застосування динамічних стабілізаторів колії

Радіус кривої, м	Величина нерівності в плані, мм	Після однієї стабілізації колії			Після двох стабілізацій колії			Після трьох стабілізацій колії		
		Діапазон непогашеного прискорення, м/с^2		Допустима швидкість, км/год	Діапазон непогашеного прискорення, м/с^2		Допустима швидкість, км/год	Діапазон непогашеного прискорення, м/с^2		Допустима швидкість, км/год
		min	max		min	max		min	max	
пряма	5	–	–	160	–	–	160	–	–	160
	10	–	–	160	–	–	160	–	–	160
	16.5	–	–	100	–	–	120	–	–	–
2 000	5	0,05	0,43	160	0,05	0,43	160	0,07	0,78	160
2 000	10	0,28	0,48	130	0,20	0,57	140	0,57	0,68	150
1 500	5	0,38	0,57	160	0,38	0,57	160	0,40	0,70	160
1 500	10	0,34	0,52	100	0,35	0,55	120	0,46	0,68	140
1 000	5	0,30	0,50	110	0,20	0,56	120	0,38	0,60	130
1 000	8	0,26	0,44	90	0,40	0,58	100	0,56	0,77	120
1 000	10	0,36	0,56	85	0,42	0,62	90	0,39	0,70	95
800	5	0,05	0,54	85	0,37	0,51	95	0,57	0,75	120
800	8	0,37	0,61	80	0,48	0,56	85	0,43	0,63	100
800	10	0,10	0,40	65	0,43	0,61	80	0,39	0,70	85
600	5	0,28	0,45	70	0,37	0,60	80	0,60	0,78	95
600	8	0,37	0,61	65	0,30	0,58	70	0,61	0,79	85
600	10	0,28	0,46	60	0,30	0,54	65	0,30	0,63	70
500	5	0,37	0,55	60	0,30	0,55	70	0,60	0,78	90

Таблиця 2

Допустима швидкість руху пасажирських поїздів при застосуванні динамічних стабілізаторів під час виконання ремонтів колії

План колії (радіус кривої, м)	Допустима швидкість руху пасажирських поїздів на різних етапах робіт, км/год		
	після однієї стабілізації колії	після двох стабілізацій колії	після пропуску 1 млнт, виправки та третьої стабілізації
пряма	100	120	встановлена
2 000	100	120	встановлена
1 500	100	120	встановлена
1 000	100	120	встановлена
800	85	95	встановлена
600	70	80	встановлена
500	60	70	встановлена

Дані таблиці 2 свідчать, що виконання третьої виправки та динамічної стабілізації після пропуску 1 млн т вантажу дозволяє відкривати перегін зі встановленим рівнем швидкості.

Метою даного дослідження було проаналізувати зменшення сил взаємодії колії та рухомого складу при застосуванні динамічних стабілізаторів, а також визначити ділянки, на яких стабілізація колії доцільна не лише за технічними показниками, а й за економічними.

Виклад матеріалу. Дослідження щодо економічної ефективності застосування динамічних стабілізаторів, які проводилися вченими в останні роки, не поширюються на порівняння вартості робіт зі стабілізації колії та втрат залізниці за період дії обкатки. Оскільки під час обкатки поїзди рухаються з обмеженою швидкістю, це викликає відповідні фінансові втрати. Обмеження швидкості спричинюютьне не лише зростання часу руху, а й у деяких випадках підвищене споживання паливно-енергетичних ресурсів. А на ділянках гальмування та розгону

безпосередньо перед та за ділянками обмеження спостерігається більш інтенсивне розладнання колії та зростання витрат на її поточне утримання. Більш детальна інформація із зазначеного питання наведена у працях [7; 8].

Авторами запропонована методика оцінки економічної ефективності застосування динамічних стабілізаторів після виконання ремонтів колії для ділянок залізниць України з різними умовами експлуатації. Дана методика включає в себе розрахунок втрат залізниці, що зумовлені: додатковим часом руху, підвищеним споживанням паливно-енергетичних ресурсів та витратами на поточне утримання. З метою встановлення аналітичної залежності для визначення останньої складової методики авторами проаналізовано статистичні дані по Придніпровській та Львівській залізниці. Опрацьовано інформацію про витрати на поточне утримання колії для кілометрів, на яких поїзди рухаються у режимі гальмування або розгону. При цьому враховувалися параметри поздовжнього профілю та плану лінії, а також вантажонапруженість ділянок залізниці.

Призначення обкатки колії передбачає після відкриття відремонтованої ділянки пропуск перших двох поїздів із допустимим рівнем швидкості 25 км/год, решти поїздів до кінця дня – 60 км/год, а після – 100 км/год. Після однієї динамічної стабілізації колії дозволяється пропуск поїздів із допустимим рівнем швидкості руху 100 км/год, після двох стабілізацій – 120 км/год. Виходячи з цього й проводилися подальші дослідження за методикою, розробленою у [7]. Вихідні дані до розрахунку прийнято такі: електрична та тепловозна тяга, маси вантажних поїздів коливалися від 3 000 до 5 000 т, маса пасажирського поїзда прийнята рівною1 000 т, ухили поздовжнього профілю розглядалися у діапазоні 0…8 %, інтенсивність руху – 5…50 поїздів/добу.

У першу чергу додаткові витрати залізниці від дії обкатки колії залежать від терміну дії обкатки, який, у свою чергу, залежить від інтенсивності руху та мас поїздів. Така залежність наведена на рисунку 1.

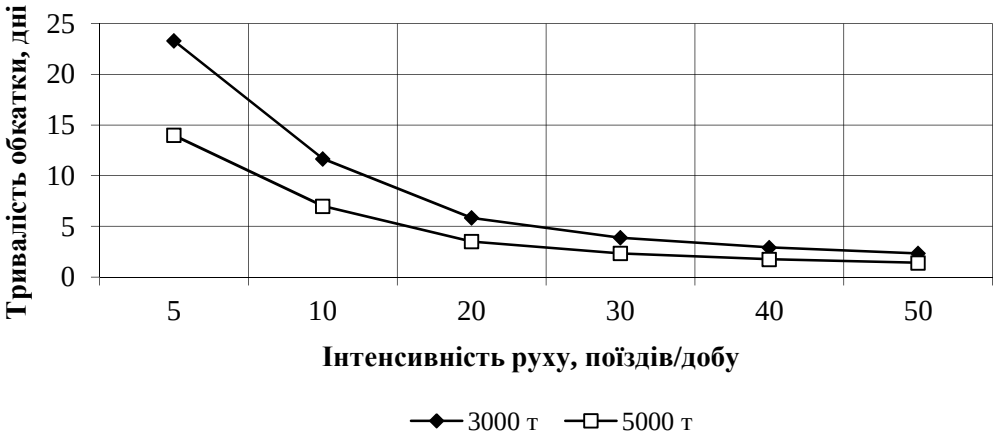

Рис. 1. Залежність терміну дії обкатки від інтенсивності руху та маси вантажного поїзда

Із графіка видно (див. рис. 1), що чим більша маса поїзда та інтенсивніший рух на ділянці, тим менший термін обкатки й більші експлуатаційні витрати.

Як було зазначено вище, на додаткові витрати залізниці впливають зміни часу руху, витрат на поточне утримання та паливно-енергетичних ресурсів при введенні обкатки колії. На витрати, пов’язані зі споживанням паливно-енергетичних ресурсів, впливає показник механічної роботи локомотива, що визначається за допомогою тягових розрахунків. А на витрати з поточного утримання – робота гальмівних сил, яка також визначалася тяговими розрахунками, поряд із часом руху. Зміни часу руху для вантажних поїздів масою 3 000 т з локомотивами ВЛ8 при електричній тязі та 2ТЕ116 при тепловозній наведені у графічному вигляді на рисунку 2. Із графіка видно, що найбільш інтенсивно зростає час руху на некрутих підйомах та спусках та при меншому рівні допустимої швидкості.

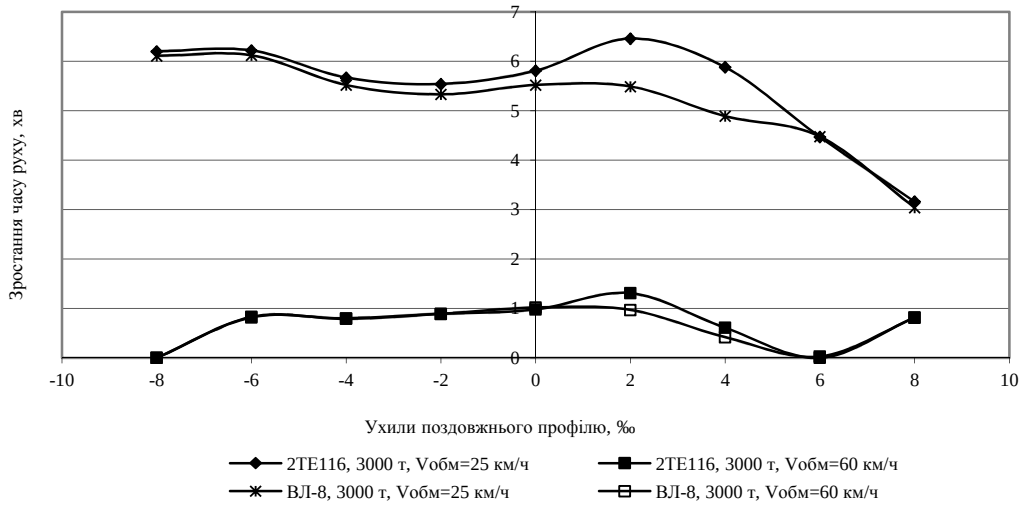

Рис. 2. Зростання часу руху при обкатці колії

На рисунку 3 наведено залежність зростання механічної роботи локомотива при введенні обкатки колії. На зазначеному графіку спостерігається аналогічна до попереднього тенденція змін. Також спостерігається суттєвий вплив маси поїзда. Так, наприклад, при проході поїзда масою 5 000 т зі швидкістю 25 км/год механічна робота локомотива буде більша майже на 30 %, ніж при проході поїзда масою 3 000 т. Але при ухилі поздовжнього профілю більше за 5 %різниця майже відсутня.

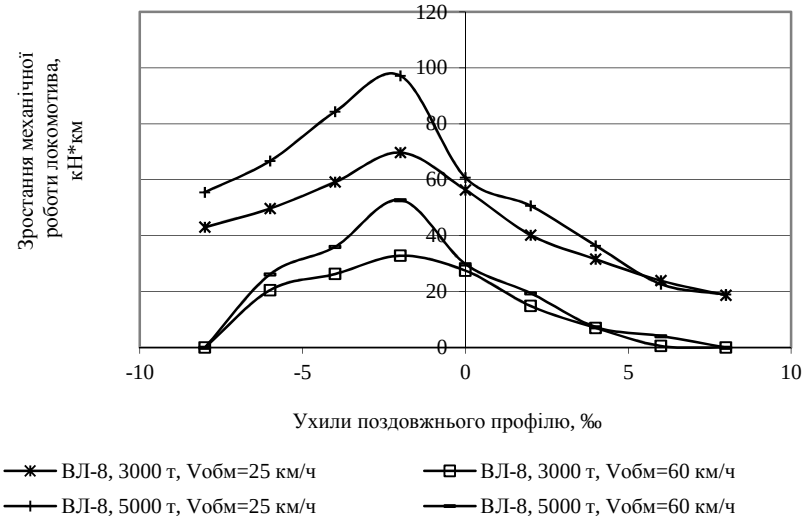

Рис. 3. Зростання механічної роботи локомотива при обкатці колії

Аналогічна картина наведена на рисунку 4 у вигляді залежності зміни роботи гальмівних сил від ухилів поздовжнього профілю, мас поїздів та рівня допустимої швидкості.

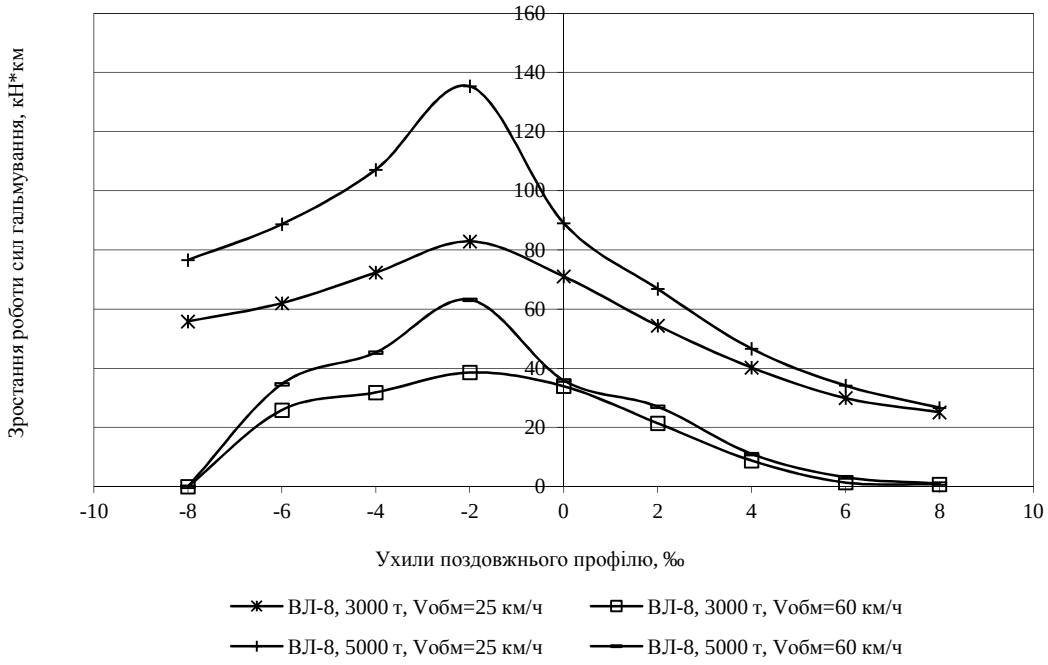

Рис. 4. Зростання гальмівних сил при обкатці колії

На рисунку 5 суцільною жирною лінією показані витрати на динамічну стабілізацію колії відремонтованої ділянки, іншими лініями – додаткові витрати залізниці від дії обкатки при різній інтенсивності руху поїздів. Як і на попередніх графіках, видно, що найбільші втрати залізниці будуть на ділянках із некрутими підйомами та спусками та інтенсивністю руху не менше 20 поїздів/добу. Так, наприклад, на ділянці, по якій проходить близько 50 поїздів за добу, втрати від дії обкатки колії у 2…3 рази перевищують вартість динамічної стабілізації, яка дозволяє після відкриття перегону реалізовувати швидкості 100 км/год.

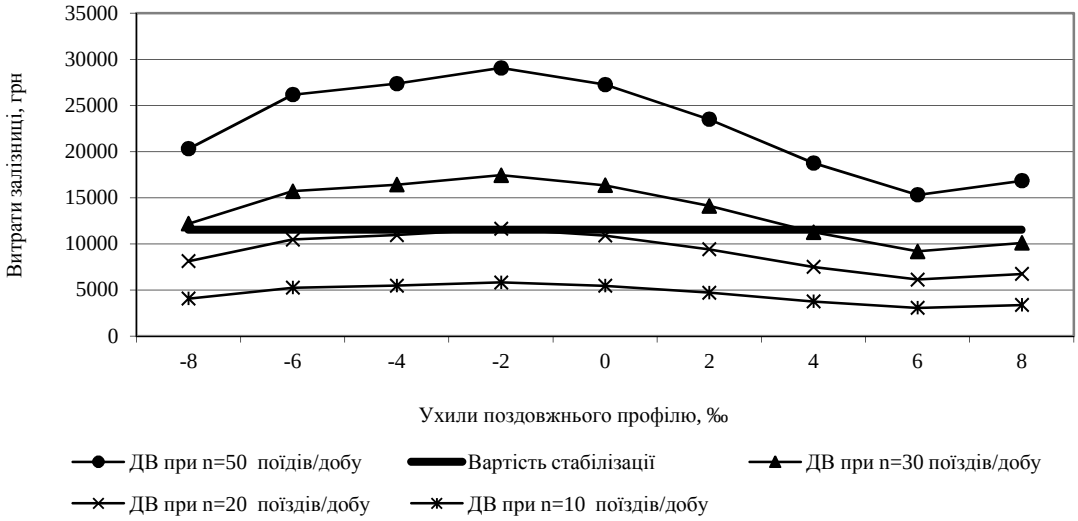

Рис. 5. Додаткові витрати залізниці від обкатки колії

Отримані результати доцільно застосовувати при плануванні ремонтів колії на ділянках із різними умовами експлуатації та призначати динамічну стабілізацію, виходячи не лише з технічних, а й з економічних показників.

Висновки та перспективи подальших досліджень. За результатами проведеного дослідження встановлено:

1. Застосування динамічних стабілізаторів дозволяє зменшувати сили взаємодії колії та рухомого складу, підвищувати стійкість колії та збільшувати міжремонтні інтервали до 30 %.

2. З економічної точки зору динамічна стабілізація найбільш ефективна на ділянках з інтенсивністю руху понад 20 поїздів/добу. Також суттєво впливають параметри поздовжнього профілю ділянки, що ремонтується, найбільший економічний ефект відмічений на некрутих підйомах та спусках (до 5 ‰), зі збільшенням ухилу ефект знижується.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України. ЦП–0269: від 22.12.2010, № 427–Ц – К., 2011. – 450 с.
2. Положення про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України. ЦП–0113: від 10.08.2004, № 630–ЦЗ – К., 2004. – 32 с.
3. **Личтбергер Б.**Результаты применения динамического стабилизатора пути / Б. Личтбергер // Железные дороги мира. – 2002. – № 6. – С. 14 – 18.
4. **Атаманюк А. В.**Обеспечение стабильности железнодорожного пути путевыми машинами после глубокой очистки балластного слоя / А. В. Атаманюк, Б. В. Волковойнов, М. В. Попович // Транспорт Российской Федерации. – 2008. – № 6. – С. 48 – 51.
5. **Уманов М. И.** Рекомендации по технологи выполнения ремонта пути на длительно закрытом перегоне и по установлению скоростей движения поездов после завершения этих работ / М. И. Уманов, В. В. Цыганенко, А. Г. Рейдемейстер, Н. В. Халипова // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д.:ДНУЗТ, 2007. – Вип. 17.– С. 116 – 122.
6. **Уманов М. И.** Скорости движения поездов после ремонта пути / М. И. Уманов, В. В. Цыганенко, А. Г. Рейдемейстер, Н. В. Халипова // Путь и путевое хозяйство. – 2008. – № 6. – С.14 – 15.
7. **Громова Т. И.**Окупаемостьремонтовпути / Т. И. Громова, В. О. Певзнер // Путь и путевоехозяйство. – 2000. – № 10. – С. 30 – 31.
8. **Чернишова О. С.** Підвищення ефективності заходів зі зменшення обмежень швидкості руху поїздів, зумовлених станом залізничної колії: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.06 / Чернишова Оксана Сергіївна. – Д., 2010. – 23 с.

УДК 625.1

Економічна оцінка ефективності застосування динамічних стабілізаторів / О. С. Чернишова // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Д. : ПДАБА, 2013. – № 4. – С. 26 – 31. – рис. 5. – Бібліогр.: (8 назв.).

Наведено результати досліджень ефективності застосування динамічних стабілізаторів після виконання капітального ремонту або модернізації колії.

Ключові слова: *динамічна стабілізація колії, сили взаємодії, експлуатаційні витрати, економічний ефект.*

Экономическая оценка эффективности применения динамических стабилизаторов / О. С. Чернышова // Вісник Придніпровської держаної академії будівництав та архітектури. – Д. : ПГАСА, 2013. – № 4. – С. 26 – 31. – рис. 5. – Библиогр.: (8 назв.).

Изложены результаты исследований эффективности применения динамических стабилизаторов после выполнения капитального ремонта или модернизации пути.

Ключевые слова: *динамическая стабилизация пути, силы взаимодействия, эксплуатационные расходы, экономический эффект.*

Economic evaluation of the effectiveness of the dynamic stabilizers / O. Chernyshova // Vysnyk of Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture. – D. : PSACEA, 2013. – № 4. – P. 26 − 31. – pic. 5. – Bibliogr.: (8 names).

The results of studies on the effectiveness of dynamic stabilization of tori after the repair or upgrade path.

Key words*:dynamic stabilization of the way, the interaction forces, operating costs, the economic effect.*